

**EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE MICROBIOTA FÚNGICA EN EL AIRE
EN DOS UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS NEONATAL DE CLÍNICAS DE
ALTA COMPLEJIDAD EN BARRANQUILLA/ ATLÁNTICO.**



WILSON FERNANDO GUERRERO MUÑOZ

ANDRES ARTURO DE LA CRUZ DONADO

UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC

DEPARTAMENTO CIVIL Y AMBIENTAL

PROGRAMA DE INGENIERA AMBIENTAL

BARRANQUILLA, COLOMBIA

2021

**EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE MICROBIOTA FÚNGICA EN EL AIRE
EN DOS UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS NEONATAL DE CLÍNICAS DE
ALTA COMPLEJIDAD EN BARRANQUILLA/ ATLÁNTICO.**



Trabajo de grado para optar por el título en Ingeniería Ambiental

AUTORES:

WILSON FERNANDO GUERRERO MUÑOZ

ANDRES ARTURO DE LA CRUZ DONADO

Director: MSc. Andrea Moreno Ríos

Codirector: MSc. Wendy Morgado Gamero

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC
DEPARTAMENTO CIVIL Y AMBIENTAL
BARRANQUILLA**

2021

Nota de aceptación:

Firma presidente de jurado

Firma jurado

Firma jurado

Dedicatoria

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y la fuerza para continuar en este proceso de lograr una de las metas más deseadas.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí. Es un orgullo y privilegio ser su hijo, son los mejores padres.

A mis hermanas, por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa.

A Yiseth y familia Barandica que, con su apoyo incondicional, a través de sus consejos, de su amor, y paciencia me ayudo a concluir esta meta.

A mis tutoras, Andrea Moreno y Wendy Morgado, con su esfuerzo y paciencia, guiarnos durante todo el proceso de este proyecto a través de su experiencia y profesionalismo.

A todas las personas que de una u otra forma me apoyaron y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me brindaron su apoyo, conocimientos y comprensión.

Wilson Fernando Guerrero Muñoz

Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. Por el esfuerzo, dedicación, paciencia, por su confianza y por todo lo que me ha dado a lo largo de mi carrera y de mi vida, este proyecto va dedicado a mi madre.

A mi padre, quien me enseñó que el mejor conocimiento que se puede tener es el que se aprende por sí mismo.

A mi familia, por haber sido mi apoyo durante todo este tiempo.

Agradezco a los todos docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional.

Andrés Arturo De la Cruz Donado

Agradecimientos

Es gratificante culminar un objetivo como lo fue esta investigación, por lo que queremos agradecer a todas y cada una de las personas que fueron fundamentales para la materialización de este trabajo: Nuestras familias, tutoras, compañeros y amigos.

Agradecemos a la universidad de la costa por brindarnos los recursos necesarios para el desarrollo de esta investigación, agradecemos a la laboratorista Erika Arbeláez y a todo el grupo de investigación que nos apoyaron en la construcción de este proyecto.

Mis sinceros agradecimientos a nuestras tutoras Msc. Wendy Morgado y MSc.Andrea Moreno, por su paciencia y compromiso con nuestro crecimiento profesional.

A nuestra compañera y colega Martha Mendoza por brindarnos su conocimiento, asesoría y acompañamiento en el proceso investigativo.

A Dra. Dayana Agudelo, MSc. Margarita Castillo y MSc. Alexander Parody por compartir su conocimiento y guiarnos a través de la investigación.

A nuestros estimados compañeros y amigos.

Resumen

La calidad de aire dentro de ambientes interiores como las unidades de cuidados intensivos neonatales (UCIN) ha estado cobrando importancia a lo largo de los años, debido a la presencia de agentes fúngicos en altas concentraciones con cualidades alergénicas e infecciosas que puede generar afectaciones a los pacientes que se encuentran inmunodeprimidos. Entre las principales causas de infecciones intrahospitalarias (IIH) en neonatos se encuentran las infecciones respiratorias por agentes fúngicos.

El objetivo de este trabajo investigativo fue evaluar la presencia de microbiota fúngica en el aire en dos unidades de cuidados intensivos neonatales de la ciudad de Barranquilla, para esto se utilizó un impactador de cascada de seis (6) etapas. Las mediciones fueron realizadas en un lapso de tres (3) meses, en los cuales se realizaron cinco (5) monitoreos en la UCINH1 y tres (3) en la UCINH2. El análisis estadístico de los datos fue desarrollado a través de un modelo de regresión lineal generalizado, el cual estableció como influyente sobre la concentración las variables Etapa, UCI y Monitoreo. Se encontró que la UCINH1 fue la que presentó la mayor concentración promedio de hongos correspondiente a 46 UFC/m³, superior a 33 UFC/m³ encontrados en la UCINH2. Así mismo, se detectó mayor presencia de hongos en las últimas etapas del muestreador, en donde se retienen partículas entre 0,6 y 3,3 µm asociadas a un mayor riesgo debido a que son capaces de ingresar a bronquios primarios hasta los alveolos. Dentro de los taxones identificados fueron los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* los que evidenciaron una mayor predominancia. Por último, los resultados no reflejaron posible relación entre los procedimientos de limpieza y las concentraciones de bioaerosoles fúngicos.

Palabras clave: Hongo, Bioaerosoles, Infección intrahospitalaria, salud publica

Abstract

The objective of this research work was to evaluate the presence of fungal microbiota in the air in two neonatal intensive care units in the city of Barranquilla, for this a six (6) stage cascade impactor was used. The measurements were carried out in a period of three (3) months, during which five (5) monitorings were carried out in the UCINH1 and three (3) in the UCINH2. The statistical analysis of the data was developed through a generalized linear regression model, which was established as influencing the concentration of the variables Stage, ICU and Monitoring. It was found that the UCINH1 was the one that presented the average concentration of fungi corresponding to 46 CFU / m³, higher than the 33 CFU / m³ found in the UCINH2. Likewise, a greater presence of fungi was detected in the last stages of the sampler, where particles between 0.6 and 3.3 µm are retained, associated with a greater risk because they are capable of entering the primary bronchi up to the alveoli. Among the taxa identified, the genera *Aspergillus* and *Penicillium* were those that showed a greater predominance. Finally, the results are not reflected in the possible relationship between cleaning procedures and fungal bioaerosol concentrations.

Key Words: Fungi, biological particles, hospital diseases, public health

Contenido

1.	Introducción	13
2.	Planteamiento del problema.....	16
3.	Justificación	18
4.	Objetivos	21
4.1	Objetivo General:	21
4.2	Objetivos Específicos:.....	21
5.	Marco Referencial.....	22
5.1	Marco teórico	22
5.1.1	Bioaerosoles	23
5.1.2	Efectos a la salud	32
5.2	Marco normativo	36
6.	Antecedentes	48
7.	Metodología	51
7.1	Área de estudio.....	51
7.2	Diseño de muestreo	53
7.2.1	Muestreo preliminar.....	55
7.2.2	Muestreo	56
7.2.3	Observación de condiciones sanitarias	65
7.2.4	Cadena de custodia	65

7.3 Determinación de la concentración	67
7.4 Análisis de datos.....	67
8. Resultados y análisis.....	68
8.1 Identificación especies fúngicas.....	73
8.2 Análisis por UCIN.....	68
8.3 Análisis por etapa.....	79
8.4 Concentracion por jornada	77
8.5 Análisis estadístico.....	81
9. Conclusiones	87
9.2 Recomendaciones.....	89
10. Referencias.....	91
Anexos	103

Lista de Tablas**Tablas**

Tabla 1 Descripción de Bioaerosoles.....	24
Tabla 2 Clasificación de colonizadores según humedad R.....	29
Tabla 3 NTP relacionadas con el manejo de Bioaerosoles	38
Tabla 4 Clasificación de los agentes biológicos en función del riesgo de infección	44
Tabla 5 Descripción de puntos de muestreo en UCINH2.....	54
Tabla 6 Concentraciones obtenidas en UCINH1	70
Tabla 7 Concentraciones obtenidas en puntos de UCINH2.....	71

Lista de Figuras

Figuras

Figura 1 Estructura general y etapas del impactador de cascada de seis etapas	47
Figura 2 Plano general de lugar de muestreo UCINH1	52
Figura 3 Plano general del lugar de muestreo UCINH2	53
Figura 4 Metodología de toma de muestras	55
Figura 6 Comparación entre partículas recolectadas por el impactador de cascada.....	58
Figura 8 Representación porcentual de las especies identificadas en UCINH1	74
Figura 9 Representación porcentual de las especies identificadas en UCINH2	75
Figura 10 Gráfico de medias por concentración por UCIN	69
Figura 11 Concentración promedio en puntos de muestreo UCIN2	72
Figura 12 Grafico de medias por concentración por etapas.....	80
Figura 13 Variación de tamaño de partículas en UCINH1 según jornada.....	78
Figura 14 Variación de tamaño de partículas en UCINH2 según jornada.....	79
Figura 16 Fotografía de producto para el lavado de manos en UCIN1	103
Figura 17 Área de muestreo	104
Figura 18 Impactador y equipo de muestreo.....	105
Figura 19 Producto para el lavado de manos al ingreso	106
Figura 20 Caja petri rotulada con muestra aislada.....	107
Figura 21 Imagen microscópica de Aspergillus Niger.....	108
Figura 22 Toma de muestras en UCIN	109

1. Introducción

A las unidades de cuidado intensivos (UCI) son remitidos los pacientes con un estado crítico de salud, situación que facilita la infección por patógenos activos presentes en el lugar, así como el inicio de un proceso de infección (Villarreal et al., 2014). Las infecciones intrahospitalarias (IIH) plantean serios problemas de salud pública porque son la causa de prolongación de la permanencia hospitalaria, morbilidad e incremento de costos asociados a la salud (Khan, Ahmad & Mehboob, 2015). En este sentido, la Organización mundial de la salud reportó para Europa y Asia que 8,7 de los pacientes hospitalizados contraen IIH. Adicionalmente, que más de 1,4 millones de personas en el mundo sufren complicaciones relacionadas a estas infecciones (World Health Organization, 2020).

En Colombia, las IIH son reportadas en al menos el 20% de los pacientes ingresados a las UCI, de los cuales fallece el 35%. La estancia de los pacientes que adquieran dichas enfermedades se alarga 8 días para las UCI y 24 días a los ingresados a cuidados generales (Ministerio de salud y protección social, 2018).

La mayoría de las IIH en los hospitales están dadas en las UCI en especial aquellas que tratan pacientes con pocos días de nacidos como en las unidades de cuidados intensivos neonatal (UCIN) ya que esta condición agrava el impacto en la evolución de los mismos (Khalid Ijaz et al., 2016).

Las principales causas de ingreso a las UCIN son el nacimiento prematuro y las enfermedades respiratorias agudas, estas últimas motivadas en mayor medida por taquipnea transitoria, asfixia perinatal o inoculación de sistema respiratorio por microorganismos presente

en el lugar (MacIntyre et al., 2017). A causa de estas afecciones se generan alrededor de la mitad de las muertes transcurrida la segunda semana de nacidos (MSSSI, 2014).

La composición del aire que circula en el interior de las UCIN se encuentra relacionada con diversas variables como lo son el aire circundante a la edificación, la planeación, estructuración y mantenimiento de los ductos de ventilación (Morgado et al., 2019), no obstante, las condiciones que permiten la proliferación y subsistencia de contaminantes biológicos están relacionadas con las actividades que se desarrollan en el interior (Zhang et al., 2018).

La aparición de enfermedades dentro de las UCIN está relacionada de forma directa con la presencia de hongos y su desarrollo desmedido (Villarreal Cantillo et al., 2014).

La calidad de aire en UCIN representa un factor importante a considerar debido a que la exposición a altas cargas de contaminantes como los hongos puede inducir a infecciones en los pacientes al inhalar estos agentes patógenos (Ojeda, 2014).

Al ingresar contaminantes patógenos como los hongos al interior de las instalaciones hospitalarias se pueden desplazar o suspender en el aire, llegando a albergarse en cualquier nivel del sistema respiratorio humano (Majumdar & Padiglione, 2012) y dadas sus cualidades alergénicas, infecciosas y tóxicas generan diversas patologías agudas o crónicas, llegando a ser mortales (Morgado et al., 2018).

Se han relacionado infecciones intrahospitalarias (IIH) con la presencia de hongos tales como *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Candida* sp. (*C. albicans*, *C. glabrata*, *C. krusei*, *C. tropicalis*), *Penicillium*, *Pneumocystis jirovecii*, *Mucorales*, *Cryptococcus* sp., *Trichosporon* sp., *Fusarium* sp., *Rhizopus* sp. and *Rhizomucor* sp (Kallawicha et al., 2016). De los géneros antes mencionados cabe resaltar la relevancia de los géneros *Aspergillus*, *Candida* sp y

Penicillium debido a que su presencia es generalizada en las investigaciones realizadas alrededor del mundo (Mohammad, Izzah, & Alfatih, 2021).

Para evitar la proliferación de los hongos, se hace necesaria la regulación de los factores que pueden incidir en la presencia de estos microorganismos como las condiciones climáticas internas (temperatura y humedad), procedimientos de limpieza y las condiciones específicas dentro de las instalaciones (MacIntyre et al., 2017). No obstante, la capacidad de los microorganismos de adaptarse o adecuar sus requerimientos metabólicos volviéndose resistentes a agentes antimicrobianos limita el accionar empleado para evitar su proliferación (Demirel et al., 2017). De manera que para que las medidas puedan ser eficaces se debe mantener en constante monitoreo y en lo posible determinar las comunidades fúngicas que más impacto puedan generar a los pacientes (Pemán, 2013).

Por consiguiente, se hace evidente la necesidad de incluir el muestreo directo de la calidad del aire interior y las superficies, como medidas de verificación a los planes de limpieza y desinfección; y así poder generar un panorama de riesgo general y posibles fuentes de generación en las instalaciones (Gallego et al., 2020). Teniendo en cuenta lo anterior, la presente investigación tiene como finalidad evaluar la presencia de la microbiota fúngica en el aire en dos unidades de cuidados intensivos neonatal en clínicas de alta complejidad en Barranquilla/Atlántico.

2. Planteamiento del problema

Las infecciones intrahospitalarias son aquellas adquiridas dentro de las instalaciones prestadoras de salud, las cuales no se encontraban en periodo de incubación y se evidencian posterior al ingreso a los centros hospitalarios (Alvarado & Rozo, 2019). Actualmente representa una problemática de carácter público, que se ha asociado al deterioro en la calidad de los servicios médicos prestados en las instituciones y las complicaciones que esto acarrea a nivel social, como el aumento en la morbilidad y mortalidad (Moriceau et al., 2016).

Investigaciones alrededor del mundo dan por sentado que anualmente 1,4 millones de personas contraen enfermedades relacionadas a la prestación de servicios de salud, siendo las UCI las áreas en la que se presentan un mayor número de estas afecciones (Mohammad, Izzah, & Alfatih, 2021; Sepahvand et al., 2017; Guaminga, 2015).

Dentro de los pacientes atendidos en UCI, los recién nacidos presentan los índices de infección más elevados y por lo tanto una alta mortalidad, llegando a representar el 50% de los ingresados (Khalid Ijaz et al., 2016). Así mismo, entre las principales causas de EI en neonatos se encuentran las infecciones respiratorias por agentes fúngicos, que representan el 30% de las infecciones, con registros de supervivencia que no superan el 50% (Castañeda et al., 2011).

Las condiciones ambientales en estos recintos como la inestabilidad en la temperatura a través de las instalaciones, generan factores como condensación de agua o microclimas lo que sumado a algún suministro de nutrientes favorecen el desarrollo de microorganismos (Zúñiga, 2017). Dentro de este amplio grupo de microorganismos se encuentran los hongos, los cuales están presentes en casi la totalidad de los ambientes y pueden estar en contacto con los pacientes, mediante la ingestión, contacto o inhalación (Paredes, 2012).

Esta última vía de contacto, es la más compleja de manejar debido a la dificultad para controlar el ingreso de partículas de tamaño microscópico al sistema respiratorio (Morgado et al., 2019). En especial, las que poseen la capacidad de interactuar con el organismo y originar cuadros infecciosos en los pacientes en función de la patogenicidad, la cantidad o la presencia en el área de hongos (Aguirre Guataqui, 2016). En este sentido, los estudios realizados en países europeos como España y Bélgica establecen que la infección más frecuente en las UCI son las de tipo pulmonar (64,7%), seguida por infecciones de tracto urinario (17,6) y la bacteriemia (12%) (Zaragoza et al., 2014).

Los hongos se reproducen a partir de pequeñas partículas llamadas esporas, que son generadas en grandes cantidades y según el flujo de aire del lugar pueden permanecer suspendidas por diferentes periodos de tiempo (Binish et al., 2020). El desarrollo de las esporas está relacionado directamente con parámetros como temperatura y humedad relativa. Si las condiciones son adecuadas se iniciarán cambios morfológicos y se pasará a su crecimiento. De esta manera, la presencia de estos organismos sugiere condiciones ambientales no adecuadas para las UCI (Kallawicha et al., 2016).

Por lo antes mencionado, este trabajo se enfocará en la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo se encuentra la calidad microbiológica fúngica suspendida en el aire en las instalaciones de dos unidades de cuidado intensivo neonatal? Siguiendo con lo anterior, el presente trabajo busca evaluar la presencia de bioaerosoles fúngicos, determinar cuáles son las especies dominantes y que relación presentan con los procedimientos de limpieza en dos unidades de cuidados intensivos.

3. Justificación

A lo largo de los últimos años, han ido en aumento los problemas de salud relacionados con la calidad de aire de ambientes interiores, convirtiéndose en una situación relativamente frecuente (Andino & Mesa, 2016). Esto se da por la presencia de contaminantes de origen químico o biológico (Bioaerosoles) tales como esporas de hongos, bacterias, polen, entre otros, que pueden generarse a partir de las actividades internas o al introducirse por corrientes de aire desde el exterior (Ministerio de sanidad servicios sociales y igualdad, 2014; Aguirre Guataqui, 2016; Binish et al., 2020).

Las actividades que se realizan al interior de los espacios cerrados determinan el tipo de contaminantes presente y su concentración, en el caso de los hospitales y centros de prestación de salud, la naturaleza de su actividad los convierte en lugares con alto riesgo de infecciones o transmisión de enfermedades por la presencia de agentes patógenos (Blais, Perrott, & Duchaine, 2015).

Pese a que en los centros de salud exista un riesgo latente de contraer enfermedades transmitidas por agentes microbianos, en espacios como las unidades de cuidados intensivos neonatales el riesgo es mayor a causa de que en estas salas son atendidos pacientes con deficiencias en sus sistemas inmunológicos (Gallego et al., 2020).

Anualmente en Inglaterra, mueren más de 5.000 personas por esta causa y son reportados 100.000 casos de infección. No es mejor la situación en América donde en los Estados Unidos aproximadamente mueren 80.000 personas y en México se presentan 450.000 infecciones el año (World Health Organization, 2020).

En Colombia los niveles de infectados posterior a la prestación de salud es del 1,25 y los departamentos con porcentaje mayores son Antioquia, Bogotá, Santander, Tolima y valle del cauca respectivamente (MinSalud, 2018).

Las UCIN representa el entorno en el cual se presenta el mayor número de casos de infección según la secretaria de salud de Bogotá en los reportes de las unidades notificadoras del sistema de vigilancia de epidemiología (MinSalud, 2018).

Algunas investigaciones enuncian que el 29% de los recién nacidos entre las 25 y las 28 semanas de gestación y el 46% de los nacidos antes de las 25 semanas sufren alguna EI grave durante su estadía en la UCIN (Galíndez et al., 2017; Fern et al, 2011).

La investigación en entornos como las UCIN significa una posible respuesta a muchas de las afecciones de salud en los pacientes y empleados que se presentan sin una razón aparente como también se podría implementar como medida para el aseguramiento de la calidad en procedimientos que representen un riesgo biológico (Morgado et al., 2019; Gizaw, Gebrehiwot, & Yenew, 2016)

Investigaciones han descrito las afectaciones a la salud que ocasiona el contacto con bioaerosoles fúngicos (Demirel et al., 2017; Bielawska et al., 2018). Por esto, la caracterización y el análisis de las condiciones que permiten su proliferación se han convertido en temas principales de investigación tanto para ambientes hospitalarios como para áreas de trabajo (Morgado et al., 2018; Mendoza & Lopez, 2017).

En Colombia actualmente no son muchos los estudios realizados en busca de la cuantificación y/o evaluación de los bioaerosoles presente en las UCIN lo que representa una ausencia de información para la comprensión del comportamiento de los hongos (MSPS, 2018).

Esta falta de datos no permite la generación de mecanismos de interpretación como modelos estadísticos de predicción lo que conlleva a la aplicación de estrategias inadecuadas o políticas incorrectas frente a la problemática de enfermedades respiratorias asociadas a la prestación de servicios de salud (Seto, 2018).

Por lo anterior, se hacen necesarias más investigaciones que aporten información relevante con respecto a los factores de riesgo relacionados con las concentraciones de bioaerosoles fúngicos a los que se ven expuestos los recién nacidos y trabajadores en las UCIN. Particularmente, en la ciudad de Barranquilla se han realizado investigaciones relacionadas con el análisis de los bioaerosoles enfocados en calidad de aire o en otros entornos, sin embargo, es poca la información que se tiene referente a la evaluación de la constitución y cargas biológicas de hongos aerotransportados en unidades de cuidados intensivos neonatal.

La realización de este trabajo permitirá determinar las concentraciones y microorganismos fúngicos presentes en las UCIN de dos clínicas de alta complejidad de Barranquilla, que servirá como insumo para futuras investigaciones relacionadas a enfermedades intrahospitalarias y ayudará en la gestión de medidas que mejoren la higiene hospitalaria para los neonatos y reduzcan el riesgo laboral de los empleados.

4. Objetivos

4.1 Objetivo General:

Evaluar la presencia de microbiota fúngica en el aire en dos unidades de cuidados intensivos neonatales.

4.2 Objetivos Específicos:

- Determinar la concentración de Bioaerosoles fúngicos para las dos unidades de cuidados intensivos neonatal.
- Identificar los bioaerosoles fúngicos en las dos unidades de cuidado intensivo neonatal.
- Establecer la relación entre las concentraciones identificadas y los procedimientos de limpieza de las unidades de cuidado intensivo estudiadas.
- Describir los tamaños de partículas en los bioaerosoles fúngicos de las unidades de cuidado intensivo estudiadas.

5. Marco Referencial

5.1 Marco teórico

En la naturaleza las corrientes de aire son aprovechadas por los hongos como mecanismo para desplazarse y extender su material biológico por un área indefinida (Acosta & Zambrano, 2019). También sirven como canal en el que logran incorporarse por sí solos o adhiriéndose a partículas sólidas y ser arrastrados hacia diferentes direcciones con el fin de buscar las condiciones necesarias para su supervivencia y posteriormente su reproducción (Suárez, 2017). Dependerá de las condiciones ambientales propias del lugar si estos organismos se establecen en un área determinada o continúan trasladándose (Blais et al., 2015).

En los recintos cerrados las características de su aire interior dependen en gran medida de las condiciones con que cuenta el aire circundante (exterior), de manera que si la calidad del aire externo contiene material este puede ingresar al interior a través del sistema de ventilación, rejillas, materiales porosos, grietas y demás espacios entre materiales (INSHT, 2015a). Otro factor que incide en la entrada de los microorganismos pueden ser los ocupantes, que sin darse cuenta llevan impregnados en sus zapatos, ropa e incluso sus manos virus, hongos y bacterias (INSHT, 2015b; Bielawska et al., 2018).

A pesar de ser abundantes en el medio natural, los microorganismos han logrado moldear sus necesidades de manera que se han adaptado al ambiente en los lugares cerrados, los cuales están caracterizados por mantener condiciones de temperatura, humedad y fuentes de nutrientes sin pronunciadas variaciones (Agudelo et al., 2020). Por lo anterior, en ambientes interiores cuando se evidencia la presencia de estos microorganismos, las condiciones de salud de las personas que realizan sus actividades dentro del recinto llegan a verse afectadas; llegando a generar desde alergias cutáneas hasta cuadros respiratorios graves (Moriceau et al., 2016).

5.1.1 Bioaerosoles

A los microorganismos que se desplazan a través de corrientes de aire o se encuentran suspendidos en ellas se les conoce como bioaerosoles. Estos se caracterizan por ser partículas de origen biológico con un diámetro aerodinámico entre 0.25 y 100 μm (Yoo et al., 2016).

Dentro de esta clasificación se pueden encontrar hongos, virus, bacterias, esporas, polen, toxinas, tal como se describe en la tabla 1:

Tabla 1
Descripción de Bioaerosoles

Organismos	Unidad transportadora	Ejemplos de organismos	Efectos humanos primarios	Tipos de vida	Fuentes de interiores iniciales
Bacteria	Organismos esporas	<i>Legionella</i>	Neumonía	Parásitos	Torres de refrigeración
		<i>thermoactinomyces</i>	Neumonía por hipersensibilidad	facultativos	Fuentes de agua caliente, superficies mojadas calientes
		Endotoxinas	Fiebre, escalofríos	-	Reservorios de agua estancada
		Proteasas	Asma	-	Procesos industriales
Hongos	Organismos Esporas	<i>Sporobolomyces</i>	Neumonía por	Saprófitos	Superficies ambientales mojadas
		<i>alternaria</i>	Hipersensibilidad	Saprófitos	Aire exterior, superficies mojadas
		Histoplasma	Asma (rinitis)	facultativos	Excrementos de aves
		Glicoproteínas	Infección sistémica	-	Aire exterior
		Aflatoxinas	Asma, Rinitis	-	Superficies mojadas
		Aldehídos	Cáncer	-	Superficies mojadas

			Dolor de cabeza,		
			Irritación de la		
			membrana mucosa		
Protozoos	Organismos	<i>Naeglersia</i>	Infección	Parasito facultativo	Reservorios de agua contaminadas
	antígenos	<i>Acanthamoeba</i>	Neumonía por hipersensibilidad	-	Reservorios de agua contaminadas
Virus	Organismos	Gripe	Infección respiratoria	Parásito obligatorio	Huéspedes humanos
Algas	Organismos	<i>Chlorococus</i>	Asma, rinitis	Autótrofos	Aire exterior
Plantas verdes	Polen	<i>Ambrosia ap.</i>	Asma, rinitis	Autótrofos	Aire exterior
		<i>Dermatophgoide</i>			
Artrópodos	Heces	s (artrópodos)	Asma, rinitis	Fagotrofos	Polvo casero
Mamíferos	Escamas de piel	Caballos	Asma, rinitis	Fagotrofos	Caballos
	Saliva	Gatos	Asma, rinitis	Fagotrofos	Gatos

Nota: Recuperado de “NTP 288: Síndrome del edificio enfermo: enfermedades relacionadas y papel de los bioaerosoles”, de Martí Solé, M.,1991, Recuperado a partir de <https://bit.ly/2ZPNA4b>.

Para lograr abordar de mejor manera la dinámica en que los bioaerosoles colonizan y dispersan, es importante reconocer que por la naturaleza de los microorganismos deben satisfacerse tres (3) criterios de manera consecutiva (Ito et al., 2016):

Debe existir un lugar o área donde coloniza el microorganismo, puede ser en ambiente o sobre un organismo vivo dependiendo si es facultativo o parásito estricto. Este último solo puede encontrar las condiciones para su desarrollo en los fluidos o compuestos de otro organismo. La mayoría de los hongos son facultativos por lo que pueden generarse en ambos lugares (INSHT, 2015).

Luego de la colonización se inicia un proceso de aumento en cantidad o concentración del microorganismo, este proceso puede darse hasta el agotamiento de los suministros de materia orgánica (Yoo et al., 2016).

Debido a la multiplicación establecida en el suceso anterior, solo basta con un estímulo mecánico o por contacto para que las formas vegetativas o los mismos microorganismos pasen a dispersarse por las corrientes de aire o las superficies del individuo afectado en el caso de los patógenos parásitos estrictos (Schlosser et al., 2016).

En presencia de materia orgánica descompuesta el crecimiento de hongos aumenta en mayor medida en ambientes exteriores, sin embargo, pueden encontrar en alfombras con humedad o materiales porosos un reservorio en ambientes internos como es el caso del *Aspergillus flavus* (Ito et al., 2016).

Ligados a la actividad humana, estos contaminantes se pueden encontrar en cantidades desmedidas en plantas de tratamiento de aguas residuales, fincas ganaderas, cultivos de algodón y rellenos sanitarios (Morgado, 2017; Schlosser et al., 2016)

En el tránsito o desplazamiento vía aérea, los bioaerosoles presentan un comportamiento similar a la de cualquier otra partícula inerte con un diámetro aerodinámico proporcional (Velez, 2017).

El comportamiento de los bioaerosoles no difiere mucho al del material particulado, ya que están influenciados por leyes similares, sin embargo, por su característica biológica cuentan con peculiaridades como cargas eléctricas, transparencia u opacidad de la partícula entre otras que depende netamente de la naturaleza de la partícula (Mousavi & Grosskopf, 2015).

De las características que se relacionan de forma directa con el diámetro aerodinámico de las partículas se encuentra en movimiento browniano, fuerzas gravitacionales, fuerzas eléctricas y gradientes térmicos (Seto, 2018).

La estructura superficial y tamaño toman importancia debido a que dependiendo de estas se puede relacionar bajo qué tipo de fuerzas se encuentra influenciada en mayor medida y relacionar el tiempo de permanencia en el aire (Suárez, 2017).

Otras propiedades en la partícula como la relación entre composición y volumen son fundamentales para establecer el movimiento del bioaerosol a través del tiempo. Condiciones que rigen el entorno que aplican o provocan algún tipo de alteración sobre la partícula se deben tener en cuenta tales como la humedad y el flujo de aire (Agudelo et al., 2020).

La distancia que se pueden dispersar las partículas puede variar de metros a kilómetros según las fuerzas aplicadas sobre estos. Las condiciones del entorno además de influenciar su dispersión también se relacionan con su desarrollo y crecimiento (Acosta & Zambrano, 2019).

Es por lo anterior que la viabilidad de los bioaerosoles no es más que la condición que poseen los microorganismos para regular o modificar su morfología y metabolismo en el

transporte para evitar el gasto energético hasta encontrar un hábitat con las condiciones necesarias para su desarrollo y crecimiento (Escalante, 2014).

Al modificar sus estructuras se vuelven resistentes ante condiciones ambientales de estrés, esto varía dependiendo a las exigencias propias de cada microorganismo en particular (Velez, 2017).

La interacción de los factores ambientales que influyen el área y sus relaciones correspondientes, determinan la dificultad o facilidad para el desarrollo de cada microorganismo (Ministerio de salud pública de Perú, 2007).

El funcionamiento normal de casi todos los organismos exige de una cantidad necesaria de agua en el ambiente (humedad relativa), sobre todo aquellos que presentan una exposición inmediata o una constitución limitada frente a las condiciones de ambiente como pasa con las unidades microbiológicas más pequeñas (EPA, 2019).

Sin agua en el ambiente el tiempo es limitado para los microorganismos, sin embargo, en su forma vegetativa el requerimiento de agua no se hace necesario.

Por otro lado, no solo es importante la presencia de agua sino también en la forma en que se presenta. Además de estar presente en forma gaseosa, naturalmente en el ambiente, los macroorganismos en su superficie desprenden el exceso resultante de procesos enzimáticos o de uniones proteicas, lo que permite la germinación de esporas sobre el exterior de los humanos o animales de gran tamaño (NCEH, 2018).

Esta última presentación se conoce como agua disponible, la cual relaciona la cantidad del líquido como suministro y la capacidad de los microorganismos de emplearlo con tal fin. En

la tabla 2 se clasifican los tipos de colonizadores según el contenido de humedad relativa y se dan algunos ejemplos.

Tabla 2 Clasificación de colonizadores según humedad R.

Clasificación	Ejemplos
Colonizadores primarios (<80% HRE)	<i>Aspergillus penicilioides</i> , <i>A.restrictus</i> , <i>A. versicolor</i> (a 25°C), <i>Penicillium chrysogenum</i>)
Colonizadores secundarios (80-90% HRE)	<i>A.versicolor</i> (a12°C), <i>Cladosporium herbarum</i> , <i>C. sphaerospermum</i> <i>Acremonium spp.</i> , <i>Alternaria alternata</i> , <i>Aspergillus</i>
Colonizadores terciarios (>90% HRE)	<i>fumigattus</i> , <i>Chaetomiun spp.</i> , <i>Fasarium moniliforme</i> , <i>Stachybotrs chartarum</i> , <i>Trichoderma spp.</i> , <i>Ulocladium</i> <i>spp.</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Actinomicetos</i>

Nota: Recuperado de “Calidad del aire interior. Contaminantes biológicos (I): estrategia de muestreo”, de Culver González, M., 2015, Recuperado a partir de <https://bit.ly/2ZLXDYc>.

La disponibilidad de agua es el factor más significativo para la germinación y crecimiento de los hongos, siendo estos más resistentes que las bacterias al deterioro y desactivación frente a condiciones adversas (Cervantes et al., 2017).

En relación a la temperatura, existen microorganismos capaces de desarrollarse en cualquier espectro, sin embargo, dentro de los diferentes grupos en los que se pueden clasificar, la mayoría se encuentran en un rango entre 25 y 45°C. En los hongos, algunas especies como *Aspergillus flavus*, *Aspergillus candidus* y *Aspergillus fumigatus* se encuentran constituidas para poder desarrollarse a 55°C y especies de *Penicillium* que lo pueden hacer a temperaturas de hasta 0°C (Ramos & Meza, 2017).

Por otro lado, la radiación generalmente a valores superiores a 254 nm tiene un efecto germicida en la mayoría de los microorganismos. Esto se da al generar un estrés biológico que deriva en alteraciones internas en el ADN, disminución de la humedad y contenido de agua en la pared celular lo que no les permiten su replicación como también llegando a afectar su metabolismo y actividades vitales internas culminando en muerte celular (Maki et al., 2017).

No obstante, algunos hongos han desarrollado mecanismos que les permite mantener protegida su estructura frente a este tipo de adversidades, como pigmentos o procesos reparadores frente a daños (Díaz & Rodríguez, 2016).

Debido a la poca homogeneidad de las condiciones en los ambientes internos se generan microclimas, que favorecen a un contraste microbiológico entre los diferentes espacios. De manera que, en la correlación de los factores ambientales a través del área como humedad, disposición de agua, luz solar, corrientes de aire, entre otros se generan sectores dentro de las instalaciones en el que las concentraciones de unidades formadoras de colonias son elevadas en comparación de otras (NCEH, 2018).

Esto logra observarse en mayor medida en las inmediaciones de las puertas, ventanas, ingresos de aire o fuentes potenciales de sustrato donde los factores antes mencionados sufren alguna variación.

También se tiene en cuenta la influencia que representa la concentración de iones de hidrogeno en los microorganismos, de tal forma que la mayoría de ellos se desarrolla en rangos cercanos a 7 pero habitualmente no pueden soportar una variación de 1 unidad de pH (Cervantes et al., 2017).

En el caso de los hongos, a pesar de tener la capacidad de crecer en diferentes rangos entre 2.5 y 8.5, su presencia es mayor en medios ácidos. En algunos casos cuentan con la particularidad de poder alterar el pH del medio a través de las sustancias auto-elaboradas (Jordan et al., 2015)

Frente al abastecimiento de nutrientes los requerimientos de los hongos no son muy exigentes, de manera que logran desarrollarse con pocas cantidades de compuestos que se encuentren en el sustrato. Para la adecuada evolución de sus procesos como por ejemplo la elaboración de micotoxinas, la presencia de elementos como el zinc y el hierro son vitales (Jenkins, 2017).

No obstante, grupos que crecen de forma parásita en los humanos o animales tienen exigencias más rigurosas para su crecimiento como la presencia de algunas sustancias o vitaminas que únicamente pueden encontrar sobre la superficie de un organismo superior (Guaminga, 2015).

Para estudiar y replicar estos microorganismos en laboratorio, se hacen necesarios medios de cultivo y condiciones que se asemejen a las encontradas en la superficie de animales y humanos.

Considerando la importancia de los factores ambientales en el desarrollo de los microorganismos se hace necesario reconocer el efecto del cambio climático. El cambio de los periodos de lluvia (periodicidad y duración), sequias y las drásticas variaciones de los eventos naturales, afectan la dispersión y asentamiento de partículas biológicas.

A esto puede sumar la presencia de vectores o animales como insectos, que hacen parte de las formas de dispersión y multiplicación.

Justamente, el transporte por estar relacionado con las condiciones climáticas hace que estas partículas sean llevadas de ambientes cálidos o tropicales a regiones de mayor latitud, donde la sedimentación a causa de las bajas temperaturas es mayor (Jenkins, 2017).

5.1.2 Efectos a la salud

Para lograr afectar la salud de organismos superiores como humanos o animales, se interrelacionan los sistemas defensivos del individuo con los mecanismos patogénicos del microorganismo colonizador, donde si este último obtiene los sustratos necesarios para su subsistencia y multiplicación puede llegar a superar fácilmente las barreras inmunológicas del afectado (CCPE, 2019).

La respuesta que se genera a la exposición a los hongos es un hecho intrínseco en cada organismo, de manera que frente a un mismo estímulo un individuo puede no presentar respuesta aparente mientras que otro puede desarrollar congestión nasal, irritación de la garganta, tos, irritación en los ojos o piel (NCEH, 2018). Las reacciones más graves se presentan sobre persona alérgicas o quienes poseen un sistema inmunológico disminuido (Saavedra, Ordóñez & Diaz, 2015)

Cabe mencionar que en los humanos hay presencia de hongos en las diferentes partes del cuerpo que subsisten o mantienen una relación simbiótica con el individuo de manera que se alimentan de los compuestos orgánicos residuales generados a partir diversos procesos internos y ellos mantienen regulado en variedad y cantidad la flora microbiana presente (Beam et al., 2015).

No obstante, los microorganismos que se multiplican de forma desmedida ya sea por vulnerabilidades en el sistema inmunológico del afectado o que se presenten las condiciones que favorecen su crecimiento (nutrientes, suministro de agua, etc.). A estos organismos se les

conocen como oportunistas (CCPE, 2019). Estas partículas tienen la capacidad de afectar la salud humana a través de:

Contacto: A través del contacto directo con el microorganismo, la infección puede presentarse por la alteración de la flora microbiana presente en el individuo sumado a la presencia de factores que favorezcan el crecimiento del huésped (Gimaraes et al., 2019).

Por otro lado, también puede presentarse mediante la transmisión exterior de microorganismos capaces de alimentarse de compuestos a base de queratina (piel, cabello, uñas), provenientes de animales u otra persona (Maki et al., 2017).

Inhalación: Por estar inmersos en el aire, es por inhalación la forma más perjudicial para las micosis en las personas. Esto se relaciona con el hecho que dependiendo el tamaño (a partir de $5\mu\text{m}$) de las partículas presentes en el ambiente se pueden llegar a afectar hasta las partes más profundas del sistema respiratorio, llegando acumularse y causando afecciones respiratorias (Osman et al., 2017). Algunas investigaciones señalan que partículas muy pequeñas incluso pueden llegar al torrente sanguíneo (Jiang et al., 2019).

Estudios han establecido una relación entre sintomatología en el sistema respiratorio superior y condiciones de humedad en lugares cerrados en personas que no poseían indicios de complicaciones respiratorias (MSSSI, 2014; SAMPSP, 2014; IOM, 2019).

Las investigaciones indican que en niños puede ser un factor agravante al no poseer un sistema inmunológico maduro, como también relaciona el incremento de las posibilidades en personas con predisposición a contraer asma (IOCCCM, 2018).

Enfermedades intrahospitalarias: El paradigma que se tiene actualmente frente a las enfermedades intrahospitalaria se ha intensificado, a tal punto que estas deben ser consideradas antes del tratamiento del paciente manteniendo y aplicando medidas preventivas (Beam et al., 2015).

Esta perspectiva es acorde para abordar estos problemas no como situaciones aisladas de centros de salud, si no como dominio de salud pública (Saavedra et al., 2015).

En la asamblea mundial de salud número 55 se reafirmó la importancia del cuidado de los pacientes por parte de las instituciones prestadoras de este servicio ya que en el desarrollo de esta actividad han ido incrementando las complicaciones luego de tratamientos dentro de instalaciones relacionadas a la asistencia médica y condiciones generales (Asamblea Mundial de Salud, 2002). En esta se establecieron aspectos como higiene de instalaciones, idoneidad de insumos y se amplió acerca del medio en que se encuentra los atendidos (Cho et al., 2018).

El ministerio de salud de Colombia afirma que las estadísticas revelaron en el periodo 2002-2006 una tasa promedio de infecciones asociadas a la asistencia de salud (IAAS) del 13,9% por 1000 días de estancia, mientras que en Bogotá el Índice global de IAAS fue aproximadamente 2,4 por 100 egresos hospitalarios (MinSalud, 2018).

Dentro de los riesgos generados a partir de la prestación de servicios de salud, se tienen las infecciones generadas posterior a la atención, que aumentan las muertes y la permanencia de los pacientes en las instalaciones (S. Acosta, 2011).

Como se ha mencionado anteriormente, las infecciones dentro de los centros hospitalarios son una problemática global, que afecta a todas las naciones sin tener en cuenta el grado de su desarrollo. Sin embargo, como es de esperarse en los sistemas de salud en países de primer

mundo se espera que en las UCI se presenten casos de enfermedades intrahospitalarias en un 10% de los atendidos; mientras que para otros países el porcentaje supere el 25% (Suleyman & Alangaden, 2016).

Frente al número de muertes generadas por EI es necesario aclarar el origen de la misma, ya que, las dos mayores corrientes o posibles fuentes están asociadas a procedimientos médicos en su mayoría invasivos y a la calidad de aire en ambientes internos hospitalarios (MSSSI, 2014; Jordan et al., 2015)

De manera conjunta a esto, la imposibilidad de presentar datos concretos a nivel mundial a causa de diferentes aspectos (perspectiva del problema, niveles de complejidad, seguimiento discontinuo) distorsiona la realidad que enfrentan los pacientes y trabajadores dentro de estas instalaciones (Jiang et al., 2019).

Infecciones intrahospitalarias en UCIN: Las investigaciones desarrolladas frente a este tema se enfrentan a la dificultad de determinar la aparición de los casos de IIH causa de la diferenciación con infecciones comunes además del poco tiempo en el cual el paciente permanece al interior de las instalaciones (Suleyman & Alangaden, 2016).

Sin embargo, se ha logrado establecer que las infecciones se presentan en mayor medida en los ambientes internos de permanecía que en los casos de servicios ambulatorios (Gizaw et al., 2016).

Las localizaciones más ocurrentes en las infecciones dentro de las UCI en la que presenta de mayor a menor frecuencia entre los casos de infecciones: Neumonía (31%), torrente sanguíneo (24%), tracto urinario (14%) y sitio quirúrgico (13%) e infecciones intraabdominales (13%) (Gimaraes et al., 2019).

Si bien se ha mencionado con anterioridad muchas de estas infecciones provienen de diferentes fuentes y están ligadas a factores como cateterismo, tiempo de gestación y el uso de equipos de respiración mecánica (Chen et al., 2020).

Por otra parte, investigaciones ha determinado que entre los factores más relevante para la incubación de agentes patógenos en el neonato se encuentra la permanencia de estos en la UCIN, lo que sugiere, que el entorno mismo no es apto por condiciones de salubridad o por la falta de aplicación de los procedimientos adecuados en la atención por parte del personal (García et al., 2014;Corredor, 2018).

Los servicios con mayor porcentaje de IAAS por microorganismos resistentes son UCI 48,6%, cirugía general 35% y pediatría 22,4%. La incidencia de IAAS en las UCIN varía entre 7 y 24,5%, dependiendo de los factores ambientales y las diferencias en la práctica clínica. Constituyen así un grave problema de salud por su elevada frecuencia, la cual es 5 a 10 veces mayor que en otras unidades (Secretaría Distrital de Salud de Bogotá, 2007).

Se debe también considerar la relevancia del tipo de microorganismos que produce la infección ya que en esto representa el factor de mayor relevancia en lo que a mortalidad se refiere, de manera que bacilos gramnegativos 40% y el 28% para pacientes con infecciones micóticas (García et al., 2014).

5.2 Marco normativo

Alrededor del mundo se ha relacionado la presencia de hongos en ambientes interiores con complicaciones respiratorias que pueden incluir irritación de la nariz, garganta y bronquios hasta la aparición de asma o neumonitis (Estañ-capell et al., 2019). Sin embargo, debido a la complejidad y variabilidad que se genera de la relación entre microorganismos y humanos no

permite generar unos límites cuantificables unificados que permitan conocer las concentraciones exactas de microorganismos generen una afectación a los seres humanos cuando estos se vean expuestos (Sanchez & Almaguer, 2014). Es por lo anterior, que se dificulta la generación de normas o regla que propendan por las condiciones óptimas de un recinto cerrado frente a estos contaminantes biológicos.

En Colombia, actualmente no existe normativa que establezca límites aceptables de concentraciones de microorganismos aerosuspendidos tanto para ambientes exterior como interiores (Rodríguez, 2019). De igual manera, existen pocos estudios realizados que se enfoquen en la calidad microbiológicas aerotransportada en ambientes hospitalarias. Conforma a lo anterior, esta investigación tomó como referencia los estándares y recomendaciones elaborados por el gobierno de España a través del ministerio de trabajo y economía social y el instituto nacional de seguridad y salud en el trabajo.

Estos estándares presentan al público pertinente una serie de norma técnicas de prevención relacionadas con los riesgos biológicos frente a hongos en el trabajo tanto su identificación, manejo, tratamiento y recomendaciones.

A continuación, en la tabla 3 se mencionan y se describen las normas técnicas españolas relacionadas con hongos y bioaerosoles.

Tabla 3 NTP relacionadas con el manejo de Bioaerosoles

<i>NTP</i>	<i>Título</i>	<i>Descripción</i>
		Se describen las directrices que deben tenerse en cuenta para evaluaciones en
NTP 203	Contaminantes biológicos: evaluación en ambientes laborales	ambientales laborales en caso de presentarse exposición a bioaerosoles. Señala el método analítico, muestreo en ambiente y recomendaciones para criterios de evaluación según la situación o ambiente a analiza
NTP 243	Ambientes cerrados: calidad de aire	Menciona los principales contaminantes que afectan las calidad de aire en ambientes cerrados describiendo instalaciones de ventilación y contaminación de tipo biológica
NTP 299	Métodos para el recuento de bacterias y hongos en aire	Describe las metodologías de muestreo para el recuento de hongos y bacterias, tanto para organismos reposados en superficies como los que se mantienen suspendidos en el aire. De forma general menciona las etapas en los procesos de transporte y manipulación de las muestras, y dicta algunas características del método analítico

		Mantener las condiciones de crecimiento de los microorganismos es de vital
NTP 313	Calidad del aire interior: riesgos microbiológicos en los sistemas de ventilación/climatización	importancia cuando se busca preservar los entornos laborales, analizando entre otros conceptos la presencia de agentes biológicos, principales focos de contaminación biológica y su relación con los sistemas de ventilación/climatización
NTP 335	Calidad de aire interior: evaluación de la presencia de polen y esporas fúngicas	Relaciona los problemas de la calidad de aire en ambientes interiores y la contaminación biológica por distintos agentes como hongos, bacterias y virus, sin embargo, se centra únicamente en los métodos de captación y análisis de polen y esporas fúngicas
NTP 409	Contaminantes biológicos: criterio de valoración	Hace una descripción de los orígenes de los bioaerosoles y describe la complejidad de generar reglamentación o niveles máximos de las concentraciones de estos microorganismos
NTP 488	Calidad de aire interior: identificación de hongos	Acompaña a la NTP 299 y 335 en la descripción, identificación, manejo y recomendaciones para el análisis de los hongos en ambientes interiores cerrados. En ella se relacionan los procedimientos para la identificación

mediante la observación macro y microscópica de hongos y las pruebas bioquímicas

NTP Agentes biológicos: Planificación
608 de la medición

Establecer correctamente la planificación y las características de la medición de agentes biológicos es crucial para la obtención de resultados representativos. Se establecen los criterios que se deben analizar (Que, como, cuando, tiempo, volumen, espacio) para obtener muestreos biológicos que correspondan con las condiciones reales

NTP Agentes biológicos: equipos de
609 muestreo (I)

Encabeza una serie de normas que busca determinar la presencia de agentes biológicos, en esta se enfatiza acerca de la planificación y la pertinencia de los equipos. Describen las características de los equipos más empleados en la captación y conteo de muestras como también de los principios que estos desarrollan

NTP 610	Agentes biológicos: equipos de muestro (II)	La NTP 610 es presentada como complemento de la NTP 609, en la cual se detallan aspectos para la selección de un muestreador y método adecuado para los fines que establezca el investigador. Se muestra un cuadro con las ventajas y desventajas de los métodos para para la evaluación de bioaerosoles
NTP 611	Agentes biológicos: Análisis de muestras	Resume las características de diferentes métodos de medición y análisis para agentes biológicos (bacterias, hongos, endotoxinas...). Describe de manera general los principios que se emplean en cada uno de los métodos de análisis de muestras biológicas
NTP 802	Agentes biológicos no infecciosos: enfermedades respiratorias	Relaciona los agentes los agentes biológicos generadores de enfermedades con características relevantes como síntomas, clasificación sobre riesgo laboral, lugares de mayor incidencia y menciona las distintas enfermedades. Según esta, los hongos y bacterias son los generadores primarios de endotoxinas, micotoxinas y B (1-3) glucanos a los que se le atribuyen gran número de afectaciones respiratorias y alergia

NTP 833	Agente biológicos evaluación simplificada	Al no establecerse en qué medidas es perjudicial para un individuo la
		exposición a un estímulo biológico no se puede categorizar el riesgo al que
		estos se ven expuestos, por ende, las acciones preventivas que se deben realizar
		no están sujetas a criterios exactos o bien definidos.
NTP 1064 - 1065	Calidad del aire interior: Contaminantes biológicos, estrategias de muestreos	Establece una metodología de evaluación simplificada del nivel de riesgo de
		exposición a agentes biológicos
		Busca renovar las nociones que se tienen en relación al estudio de
		contaminantes biológicos en ambientes interiores establecidos en NTP
NTP 1064 - 1065	Calidad del aire interior: Contaminantes biológicos, estrategias de muestreos	anteriores.
		Brinda recomendaciones acerca de cómo planificar el análisis de algún agente
		biológico.
		Recomiendan equipos y métodos pertinentes según el microorganismo a
		evaluar, características del lugar y resultados esperados

La NTP 409 realiza una clasificación de los agentes biológicos conforme a su riesgo de infección e influencia en la salud de las personas, describe las características de cada grupo y menciona algunos ejemplos como se muestra en la tabla 4. Cabe resaltar que, a pesar de generar una orientación de peligrosidad de algunos agentes biológicos, no establece ni relaciona las concentraciones mínimas para cada clasificación (INSHT, 1994).

Tabla 4 Clasificación de los agentes biológicos en función del riesgo de infección

Categoría	Definición	Ejemplos
Grupo 1	Agente biológico que resulte poco probable que cause enfermedad en el hombre	La clasificación comunitaria no incluye los agentes biológicos del grupo uno, el hecho de que un agente biológico no esté clasificado en los grupos de riesgo de dos a cuatro de esta clasificación, no significa que estén implícitamente clasificados en el Grupo 1
	Agente patógeno que pueda causar una enfermedad en el hombre y pueda suponer un peligro para los trabajadores; es poco probable que se propague a la colectividad; existen, generalmente, profilaxis o tratamientos eficaces	Bacteria: <i>Legionella pneumophila</i> Virus: Virus de la gripe Hongos: <i>Penicillium sp.</i>
Grupo 2	Agente patógeno que pueda causar una enfermedad en el hombre y presente un serio peligro para los trabajadores; exista el riesgo de que	Bacteria: <i>Mycobacterium tuberculosis</i> . Virus: Virus de la hepatitis B. Hongos: <i>Histoplasma capsulatum</i> .

se propague a la colectividad, pero

existen, generalmente, profilaxis o

tratamientos eficaces

Agente patógeno que cause una

enfermedad grave en el hombre y

supone un peligro para los

Grupo 4 trabajadores; existen muchas posibilidades de que se propague a la colectividad, no existe, generalmente, profilaxis o tratamiento eficaces

Virus No hay ninguna clasificada en este grupo. Hongos: No hay ninguno clasificado en este grupo. Virus: Virus del Ébola.

Nota: Recuperado de “NTP 409: Contaminantes biológicos: criterios de valoración”, de Hernández Calleja, A., 1994, Recuperado a partir de <https://bit.ly/3djguOc>.

A pesar de haberse estudiado a los contaminantes biológicos durante años no se han establecido límites que restrinjan o condicionen la funcionalidad de ambientes cerrados con referencia a las concentraciones de microorganismos dentro del lugar, por lo que solo se recomienda mantenerse en los niveles más bajos posibles.

No se ha establecido de reglamentación frente a las concentraciones de microorganismos en ambientes cerrados se debe a que estos dependen de diversas variables y su interrelación para poder llegar a ser nocivo para una cantidad considerable de personas frente a un mismo estímulo (Maldonado et al., 2014).

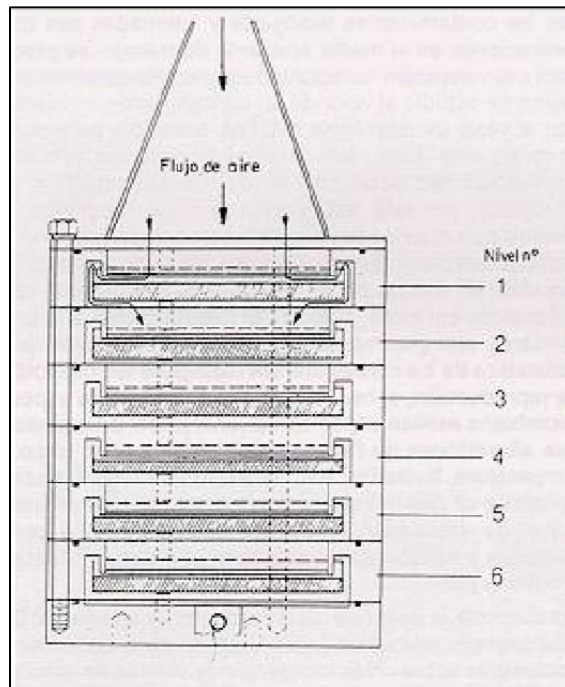


Figura 1 Estructura general y etapas del impactador de cascada de seis etapas

Adaptado de "NTP 609: Agentes Biológicos: Equipos de Muestreo (I)", del INSHT, 2001, Recuperado de <https://bit.ly/2Xi1ACt>.

6. Antecedentes

Alrededor del mundo se han realizado investigaciones relacionadas con la determinación de bioaerosoles en diferentes áreas de hospitales y centros de salud, con la finalidad de conocer y describir el comportamiento de estos agentes aerotransportados a través de las instalaciones y de qué manera la presencia de estos puede llegar a afectar la salud de los pacientes y trabajadores.

La investigación realizada por Campos—miño (2012) compara diferentes aspectos relacionados con la mortalidad en las UCP (unidades de cuidados intensivos pediátrica) en 11 países, de los cuales nueve (9) fueron latinoamericanos (Argentina, Colombia, Cuba, Chile, Ecuador, Honduras, México, República Dominicana y Uruguay) y dos europeos que fueron España y Portugal (Campos miño et al., 2012). Dicha investigación evidencio una tasa de mortalidad mayor para Honduras, país que no cuenta con hospitales pediátricos. Cabe destacar que, en países como Honduras, República Dominicana y Ecuador presentaron la mayor mortalidad infantil, por infecciones respiratorias y digestivas principalmente (Maldonado et al., 2014).

También muestra la poca cantidad de estos centros para la atención de los niños y neonatos, de manera que hay una cama por cada 40.000 niños. Si bien los datos son escasos para los centros de atención en Europa, los países analizados muestran una tasa de mortalidad del 5% y del 13% para países latinoamericanos (Campos et al., 2012).

En Venezuela se realizó un estudio para identificar los distintos hongos filamentosos presentes en las áreas: emergencia adulto, emergencia pediátrica, Unidad de Cuidados Intensivos y quirófano del Hospital Universitario “Antonio Patricio de Alcalá” en la ciudad de Cumaná del estado Sucre en Venezuela. Los géneros fúngicos que se aislaron en mayor proporción fueron:

Aspergillus (36,3%), *Penicillium* (28,2%), *Fusarium* (12,7%) y *Cladosporium* (9,1%). Las especies aisladas con mayor frecuencia fueron: *A. niger* (14,2%), *P. citrinum* (12,7%), *F. poae* (12,7%) y *C. herbarum* (9,1%). Los resultados obtenidos mostraron que varios de los hongos identificados en el presente estudio deben considerarse como patógenos potenciales para los pacientes y otras personas en el hospital (Muñoz & Rodríguez, 2020).

Uno de los episodios más relevante a nivel mundial en relación a enfermedades dentro de UCI fueron los brotes de infecciones con *Cándida auris*, la cual presentaba resistencia contra antifúngicos. El primer caso fue reportado en 2009 en Japón y posterior a esto fueron reportados internos en UCI en países como Corea del Sur, India, Kuwait y. Se han encontrado en caso de otitis, infecciones en las vías respiratorias o el torrente sanguíneo Suráfrica (World Health Organization, 2020).

En el 2015 se reportó un brote en una UCI que afectó a 40 personas en Reino Unido, sumado a lo anterior, desde otra parte de la región se encontraron casos similares (Public Health England, 2016).

A pesar de los esfuerzos realizados para el manejo de estos casos de micosis, el servicio de salud de Reino Unido no genera recomendaciones o lineamientos para la prevención en otros lugares, salvo, realizar énfasis en el control y seguimiento de pacientes susceptibles a contraer candidiasis como internos en UCI, pediátricos, VIH infectados o pacientes con supresión inmunológica. Se aplicaron acciones en busca de controlar la propagación de las infecciones como el monitoreo constante de nuevos casos, la desinfección de recintos o la clausura de salas (Public Health England, 2017).

En Colombia en 2019, el Instituto Nacional de Salud emitió un comunicado en el cual dejaba claro que a pesar de contar con casos de infecciones por este hongo, en todas las muestras analizadas muestran vulnerabilidad frente a alguna clase de antifúngicos (Instituto Nacional de Salud, 2019). Frente a los supuestos a acerca de muertes por esta causa establecen que los decesos en los que había presencia de este hongo los pacientes presentaban cuadros críticos con inmunodeficiencia u otra clase de infección preexistente, por lo cual no se le puede atribuir al *C.auris* como causa principal.

Alvarado (2019) realizó su investigación acerca de la calidad del aire microbiológico en el área de urgencias de un hospital público de segundo nivel en Bogotá, Colombia. Esta buscaba la caracterización de bioaerosoles mediante la identificación de microorganismos patógenos para la salud. En los resultados obtenidos se encontraron 7 morfotipos de los cuales 2 son bacterias y 5 hongos. Por otra parte, las zonas de mayor concentración y abundancia de las especies *Rhizopus* sp, *Penicillium* sp fueron la sala de espera, UCI y observación hombres - mujeres.

7. Metodología

La metodología empleada para esta investigación corresponde al tipo descriptivo, de forma que analiza el objeto de estudio mediante datos cuantitativos y detalla su comportamiento sin influir de manera alguna en su resultado.

7.1 Área de estudio

La toma de muestras requerida para el desarrollo de este proyecto se realizó en a dos UCIN de dos hospitales de la ciudad de Barranquilla- Atlántico, Colombia. Estas instituciones están categorizadas en el tercer nivel de complejidad por el departamento administrativo de salud del Atlántico. Para diferenciarlas a lo largo del documento se estableció la notación de UCIN Hospital 1 (UCINH1) y UCIN Hospital 2 (UCINH2). Es importante mencionar que los nombres correspondientes a cada institución fueron omitidos por previo acuerdo y solicitud de las directivas de cada hospital.

UCINH1 corresponde a una unidad de aproximadamente 33 m² de área de forma cuadrada como se muestra en la Figura 2, con capacidad para 8 pacientes en simultaneo. Cuenta con sistema de ventilación por aire acondicionado central, un (1) área para lavado, un (1) área de preparación de alimentos, un (1) área de equipos, un (1) área de preparación de insumos médicos, una (1) bodega de medicamentos e insumos y una (1) oficina de servicios médicos.

El área mencionada corresponde al recinto donde se encuentran las camas de los pacientes ya que las demás áreas de la unidad se encuentran separadas por medios físicos.

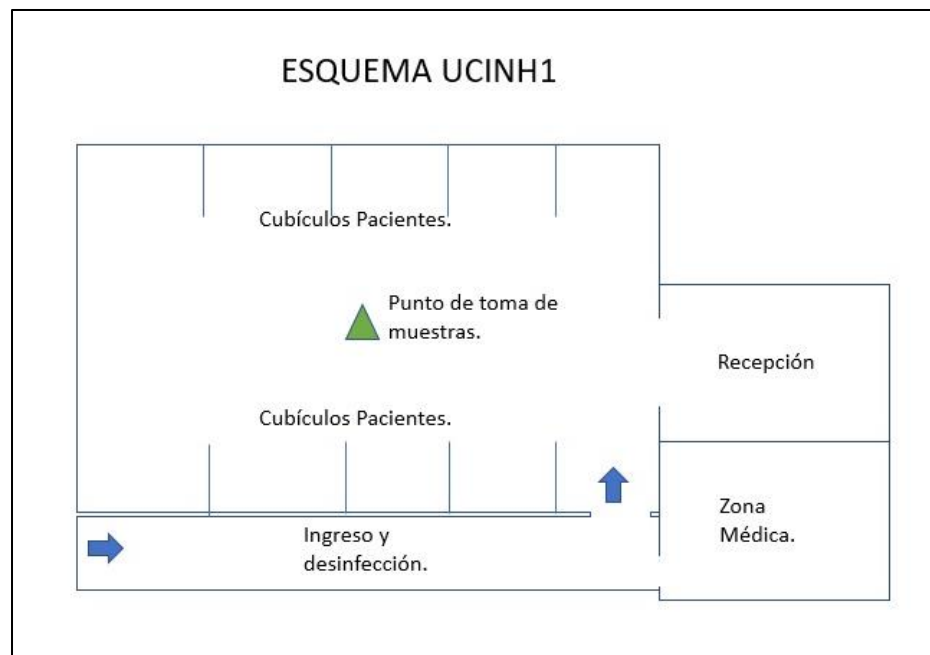


Figura 2 Plano general de lugar de muestreo UCINH1. Fuente: Autores.

UCINH2 corresponde a una unidad de aproximadamente 310 m² de área en forma de L como se muestra en la Figura 3 con capacidad para 33 pacientes en simultaneo, cuanta con sistema de ventilación por aire acondicionado central, tres (3) áreas de lavado, dos (2) áreas de equipos, un (1) área de preparación de insumos médicos, una (1) bodega de medicamentos e insumos, una (1) oficina de servicios médicos, un (1) área de descanso para el personal médico y un (1) cuarto de cirugía.

En el área mencionada no se incluye el cuarto de cirugía ni el área de equipos ya que estos se encuentran separadas del resto de áreas por medios físicos, las demás áreas no están totalmente separadas entre sí.

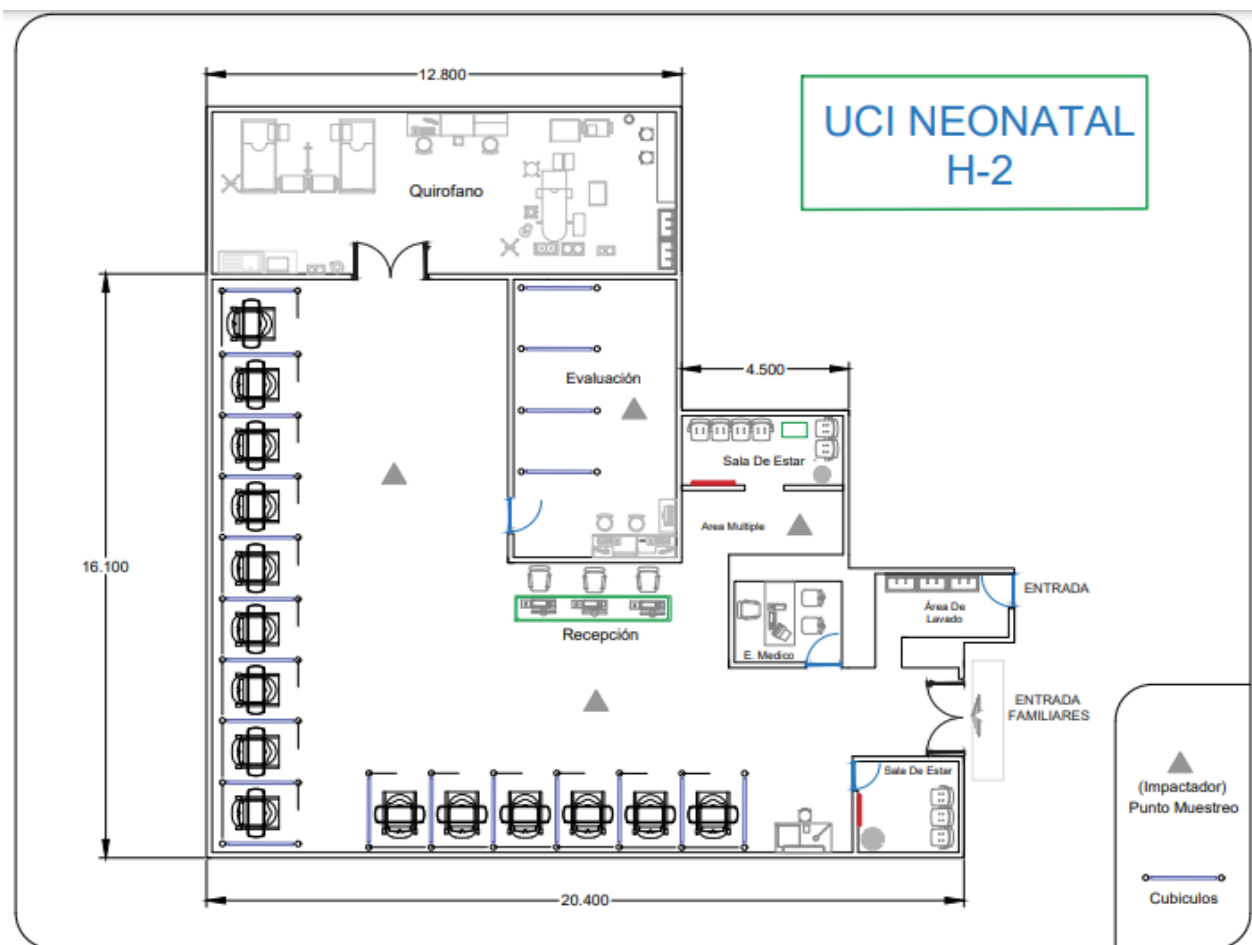


Figura 3 Plano general del lugar de muestreo UCINH2. Fuente: Autores.

7.2 Diseño de muestreo

Luego de la visita a las instalaciones y sus factores de terminantes, se establecieron cinco (5) monitoreos para cada UCIN. Sin embargo, esta cantidad solo se realizó en la UCINH1 debido a que en el desarrollo de las mediciones y por políticas de la institución UCINH2 solo fueron permitidos (3) monitoreos. Las tomas de muestras fueron desarrolladas en un lapso de 3 meses. En la Figura 4 se presenta la metodología general para la toma de muestras en las dos UCI estudiadas.

De acuerdo a lo observado en la inspección previa en cada institución, se determinaron el número de puntos con relación al área y la infraestructura que determina el flujo de aire interno. Para la UCINH1 solo fue necesario un (1) punto de muestreo gracias a la simetría de las instalaciones, equidistante y representativo. No obstante, para la UCINH2 fueron necesarios cuatro (4) puntos de muestreo correctamente distribuidos a través de todo el lugar teniendo en cuenta la infraestructura y distribución de las cunas, tal como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5

Descripción de puntos de muestreo en UCINH2

Número de puntos	Descripción
Punto 1	Pasillo principal
Punto 2	Pasillo lateral
Punto 3	Cuarto mamá canguro
Punto 4	Área múltiple

Antes de iniciar la toma de muestras, se estableció el tiempo de muestreo óptimo en la captura de estas partículas biológicas. Para lo anterior, se llevó a cabo un pre-muestreo utilizando tiempos de tomas de muestra de 2, 5 y 10 minutos de acuerdo a lo mostrado en la Tabla 4. De esta manera, se escogió un tiempo de muestreo de 5 minutos por presentar resultados con menos variabilidad.

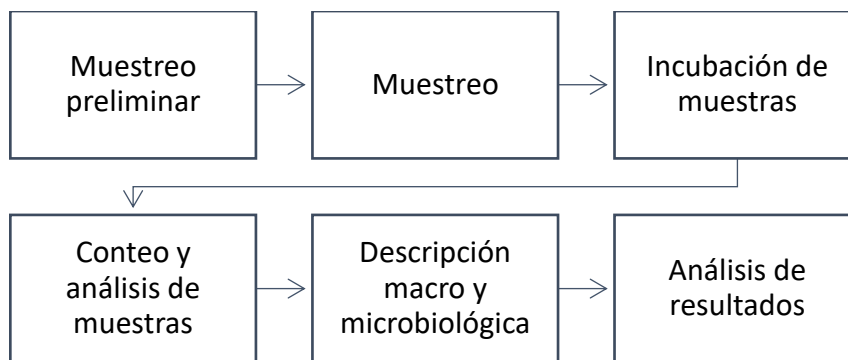


Figura 4 Metodología de toma de muestras. Fuente: Autores.

7.2.1 Muestreo preliminar

Se realizó una visita previa en las instalaciones para conocer el tamaño del lugar, número de camas, entre otros factores con la finalidad de establecer el lugar de óptimo de muestreo.

Se estableció el número de personas promedio que atendían a los neonatos, la UCINH1 manejaba un número promedio de 5 personas y la UCINH2 fue de 16. Este grupo de personas corresponden a los jefes y auxiliares de enfermería, fisioterapeutas, pediatras y médicos generales.

Conforme a esto por hospital analizado se escogieron puntos centrados, equidistante de las cunas y que tuvieran la menor influencia de factores como ventanas, puertas o salidas de aire (INSHT, 2001).

Para establecer la influencia que aportan los métodos y procedimientos de limpieza a los bioaerosoles fúngicos presentes en las UCIN, se establecieron dos jornadas de medición. Estas jornadas de medición fueron descritas como *jornada antes* y *jornada después* teniendo como referencia o eje central los procedimientos de limpieza rutinarios en el día.

7.2.2 Muestreo

Para la recolección de las muestras suspendidas en el aire, además de analizar los equipos y metodologías presentados en la sección del marco teórico, se tuvieron en cuenta la investigación de Morgado (2017) y las recomendaciones sugeridas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España en la norma técnica de prevención 608 para la escogencia de método de muestreo de contaminantes biológicos aerotransportados (Hernández & Martí, 1998).

Por consiguiente, en la Figura 5 se muestra el impactador cascada de seis (6) etapas marca Andersen, equipo escogido para la recolección de muestras suspendidas en aire.



Figura 5 Impactador tipo cascada marca Andersen y bomba de succión en el área de estudio.

Para obtener resultados estadísticamente válidos y así para limitar los posibles sesgos por crecimientos atípicos en la toma de muestras se realizaron réplicas o ensayos. El medio de cultivo que se utilizó fue Agar de sabouraud específico para hongos (Martí, 1993).

Este equipo está constituido por una serie de seis (6) placas de aluminio que conforman cada una de las etapas. Cada placa tiene 400 orificios cuyo diámetro disminuye sucesivamente entre etapas, por lo que la velocidad del aire se incrementa de una etapa a la siguiente.

El equipo está ubicado sobre un trípode a una altura de 1,5 metros y este se encuentra conectado con una bomba de vacío que succiona un flujo de aire de 28.3 L/min; caudal que fue regulado mediante un rotámetro.

El equipo empleado para medir las condiciones medioambientales durante el muestreo en las UCIN fue el anemómetro Kestrel 4500 710830. Este equipo fue configurado para registrar únicamente las variables de interés (temperatura y humedad). El registro de la temperatura y humedad se realizó al momento de iniciar la recolección de muestras aerosuspendidas, de manera que se pudiera establecer en qué condiciones medioambientales fueron recolectadas las muestras.

En la Figura 6 se encuentra representado cada una de las etapas del impactador, el cual simula los niveles del sistema respiratorio humano, siendo la etapa 1, la más externa, la que simula la nariz y la etapa 6, los alveolos.

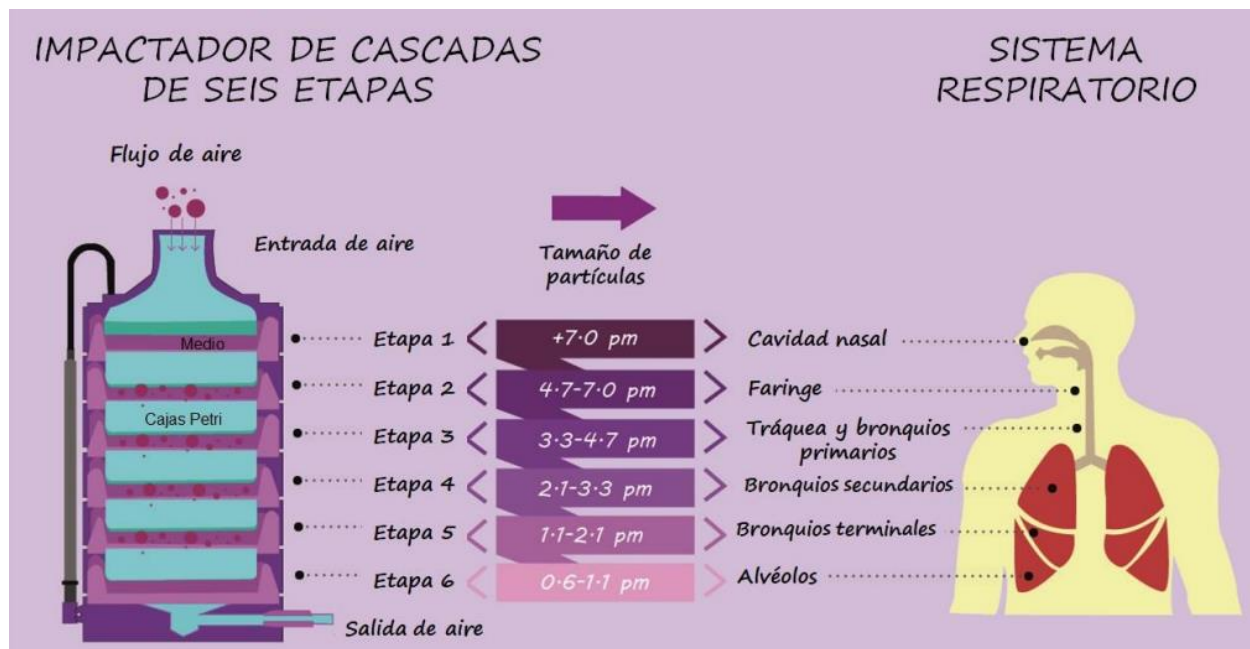


Figura 6 Comparación entre las dimensiones de partículas recolectadas por el impactador de cascada y el sistema respiratorio humano. Fuente: (Morgado et al., 2019)

Una vez recolectadas las partículas, las de mayor diámetro se acentúan en la etapa superior, mientras que las de tamaños menores se depositan en las siguientes etapas dependiendo de su diámetro, a su vez estas impactan sobre la superficie de colecta de las siguientes etapas. Bajo cada placa se coloca una caja Petri con Agar, en cuya superficie se desarrollarán las partículas viables (Jordan et al., 2015). En la tabla 6 se encuentran los estudios considerados para la escogencia de equipos de muestreo y tiempos de muestreo como se muestra a continuación:

Tabla 6

Validación de equipos y tiempo de medición para Bioaerosoles

TÍTULO	AUTOR(ES)	AÑO	EQUIPO DE MEDICION	CAUDAL	TIEMPO	REFERENCIA
Evaluation of the presence of bioaerosols in a neonatal intensive care unit	Wendy Morgado; Martha Mendoza; Dayana Agudelo; Margarita Castillo; Alexander Parody; Heidi Posso	2019	Impactador tipo cascada de 6 etapas Marca Andersen	28,3 l/min	5 Minutos	(Morgado et al, 2019)
A study on microbiological contamination on air quality in hospitals in Egypt	ME Osman , HY Ibrahim, FA Yousef, Abo Elnasr , Y Saeed and AA Hameed	2017	Andersen two-stage viable cascade impactor sampler	28,3 l/min	2 Minutos	(Osman et al., 2017)
Fungal diversity and Aspergillus in hospital environments	Erick Martínez, María Frías, Esperanza Duarte, María Calderón,	2016	Muestreador partículas viables 1 etapa Andersen (Thermo Scientific; Waltham, MA, USA)	28,3 l/min	15 Minutos	(Martínez et al., 2016)

María Jiménez,

Gustavo Acosta,

Facundo Rivera

Determinación de

los factores de

riesgo que influyen

en la incidencia de

infecciones

intra-hospitalarias

en la unidad de
cuidados intensivos

(UCI) del hospital

pediátrico Baca

Ortiz periodo

noviembre 2013-

2014

Muestreador volumétrico

muestreador de aire MAS

100, marca Merck

28,3 l/min

15

Minutos

(Guaminga,

2015)

Recomendaciones

para la

monitorización de la

calidad

microbiológica del

aire (Bioseguridad

Ambiental) en zonas

hospitalarias de

riesgo.

Sociedad Andaluza

de Medicina

Preventiva y Salud

Pública

2014

Muestreador volumétrico no
especificado.

28,3 l/min

15

Minutos

(Sociedad

Andaluza de

Medicina

Preventiva y

Salud Pública,

2014)

Profiles of

Environmental

Mold: Indoor and

Outdoor Air

Sampling in a

Hematology

Sung-Yeon Cho,

Jun-Pyo Myong,

Won-Bok Kim,

Chulmin Park, Sung 2018

Jeon Lee, Sang

Hyeon Lee and

Dong-Gun Lee

Andersen single-stage air
sampler

28,3

15

Minutos

(Cho et al., 2018)

Hospital in Seoul,

South Korea

Evaluación de

bioaerosoles fungí

asociados a un

Relleno sanitario

ubicado en el

Municipio de

Tubara,

Departamento del

Atlántico

Bioaerosoles y

evaluación de la

calidad del aire en

dos centros

hospitalarios

Morgado-Gamero

W.

2017

Impactador tipo cascada de

6 etapas Marca Andersen

28,3 l/min

5 Minutos (Morgado, 2017)

Maldonado-Vega

M., Peña-Cabriaes

J., De los santos-

Villalobos J.

2014

Muestreador microbiológico

ambiental de la marca

Millipore (Sistema M. Air

T.)

28,3 l/min

5 Minutos

(Maldonado et al., 2014)

ubicados en León,
Guanajuato,
México.

Characteristics of
indoor and outdoor
bioaerosols at
Korean high-rise
apartment buildings

Lee, J, Jo, W.

2006

Impactador tipo cascada de
1 etapa Marca Andersen

28,3 l/min

2 Minutos (Lee & Jo, 2006)

Indoor and outdoor
bioaerosol levels at
recreation facilities,
elementary schools,
and homes

Jo, W., Seo, Y.

2005

Impactador tipo cascada de
1 etapa Marca Andersen

28,3 l/min

3 Minutos (Jo & Seo, 2005)

General hospitals
indoor air quality in
lorestan, iran

Asghar Sepahvand,
Faramarz Azimi,
Seyed Hashemi ,

2017

single-stage cascade
BioStage impactor

28,3 l/min

5 Minutos (Sepahvand et al., 2017)

Rajab Rashidi,

Mehdi Safari,

Sakineh Zeidali

Nota: Validación de equipos y tiempo de medición para Bioaerosoles. Fuente: Autores.

7.2.3 Observación de condiciones sanitarias

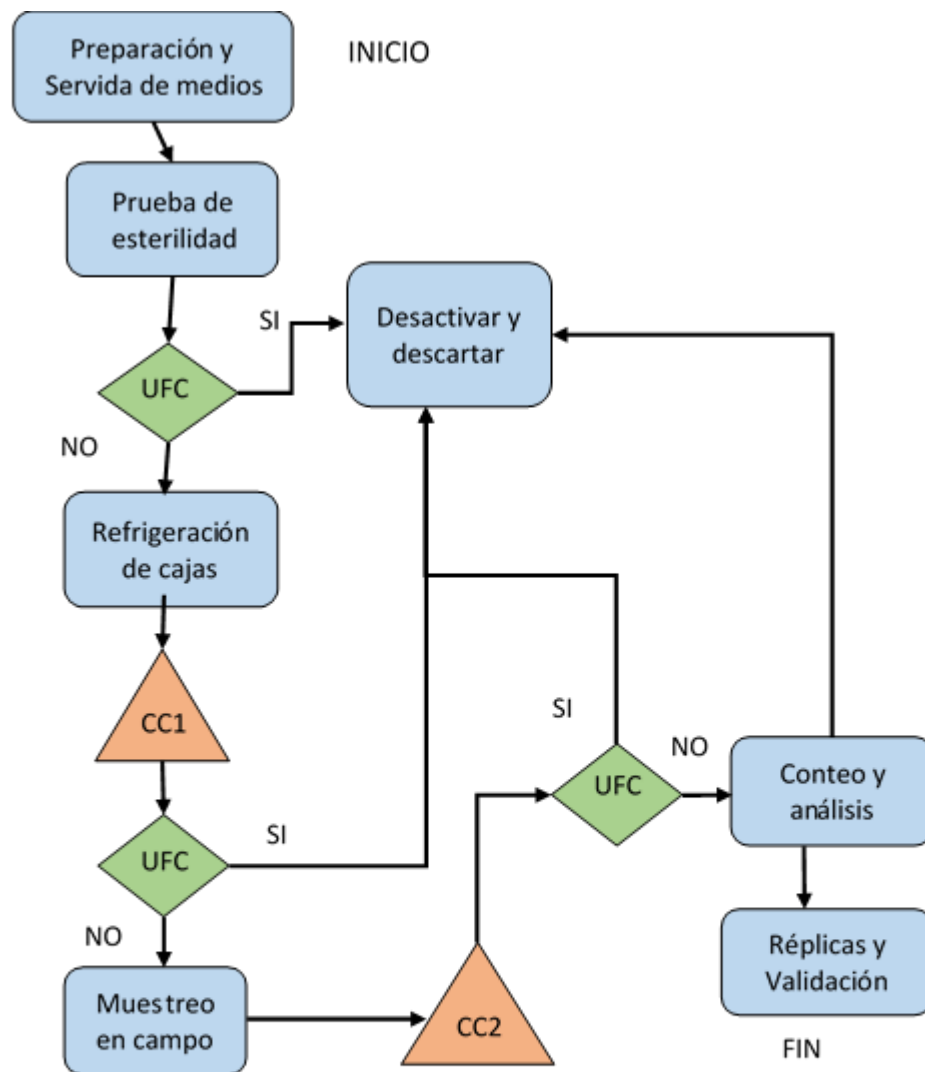
Para orientar los datos obtenidos y que el análisis del caso se relacionará con las condiciones reales presentes en las UCIN, se realizaron consultas generales al personal en turno acerca de la calidad del aire interno del lugar y su relación con posibles afectaciones a la salud en los trabajadores e internos.

Por otro lado, también se les consultó acerca de los procedimientos de limpieza y desinfección (frecuencia en la limpieza, productos de limpieza, limpieza al sistema de ventilación). Estas anotaciones fueron registradas en la bitácora de campo con el fin de orientar la investigación.

7.2.4 Cadena de custodia

Con la finalidad de corroborar la integridad de la toma de muestras y descartar la contaminación de muestras microbiológicas, se llevó a cabo el procedimiento presentado en la figura 7. Para lo anterior, se utilizaron cajas de Petri como control en cada etapa del muestreo, para así poder verificar si hubo crecimiento fúngico de algún tipo y validar la asepsia del proceso.

Así mismo, para evitar posibles contaminantes en el transporte y manipulación, las cajas con medio de cultivo fueron recubiertas con papel film antes y después del muestreo. Adicional a lo anterior, los equipos e implementos utilizados fueron sometidos a un proceso de desinfección con alcohol antes y después del muestreo.



CC: Cajas de control (incubación por 5 días a temperaturas de 28°C)

Prueba de esterilidad del medio: Cajas incubadas para con el propósito de verificar ausencia o crecimiento en el medio.

CC1: cajas refrigeradas en la nevera para comprobar la consistencia del medio y/o recontaminación.

CC2: Cajas que se transportaron en el todo el monitoreo para constar la no contaminación en la toma de muestras.

Figura 7 Descripción de procedimiento en la toma de muestras de bioaerosoles.

Posterior a la recolección de las muestras en cada estación de monitoreo, se realizó su incubación a 28°C durante 5 días. Luego de este periodo se efectuó la identificación y conteo de colonias fúngicas por Caja Petri.

7.2.5 Identificación de características macro y microbiológicas

Para la identificación se tuvieron en cuenta las características macroscópicas de forma, color, textura, borde, entre otras. Seguido a lo anterior, se realizó la verificación microscópica mediante análisis morfológico basado en la observación e identificación de estructuras típicas.

Para la identificación de los géneros de fungí se empleó la coloración simple con Azul de lactofenol, permitiendo una mejor identificación de las estructuras reproductiva y los micelios, y se realizó la comparación de acuerdo a las claves taxonómicas de Barnett, (1960) y Watanabe (2002).

7.3 Determinación de la concentración

La concentración de bioaerosoles fúngicos suspendidos en relación al aire muestreado en la UCIN fue establecida aplicando la **Ecuación 1**, la cual relaciona el número de colonias encontradas, el caudal empleado y el tiempo seleccionado de muestreo:

$$\text{Concentración de Bioaerosoles: } \left(\frac{UFC}{m^3} \right) = \frac{N^{\circ}.C * 1000}{Q * UT} \text{ (Ec.1)}$$

$N^{\circ}.C$ = Cantidad de colonias encontradas por placa

1000= Factor de conversión de unidades

Q = Caudal suministrador al impactador (28,3 L/min-1)

UT = tiempo seleccionado para el muestreo en aire (5 min).

7.4 Análisis de datos

Para ordenar, tabular y analizar los datos recolectados se empleó una hoja de cálculo de programa office Excel, en la cual se ordenaron los datos especificando monitoreo, jornada,

número de réplica, etapa, número de colonias, entre otros. Estos datos fueron relacionados mediante funciones básicas y tablas dinámicas para lograr establecer las concentraciones de cada una de las especies encontradas.

Para analizar cuáles de las variables independientes (UCI, monitoreo, etapa, temperatura, clasificación, jornada y humedad) se relaciona con la concentración de los hongos encontrados, se aplicó un modelo de regresión lineal generalizado con resultados del 95% de confianza ($p < 0,05$) mediante el software Stagraphics versión 16.

El modelo de regresión lineal permite establecer si la variable dependiente posee relaciones de dependencia con respecto a una o varias variables, esto con la finalidad de conocer que tan afectan las variables analizadas a las concentraciones.

A través del análisis de varianza ANOVA se describe la influencia de dos o más variables independiente sobre una dependiente Y, permite determinar la diferencia entre las medias de los factores y si se presentan interacciones, en esta ocasión entre las variables jornada, monitoreo y etapa.

8. Resultados y análisis.

8.1 Análisis por UCIN

Con un nivel de confianza del 95%, luego del análisis de medias se estableció que la UCINH1 fue la que presentó mayores concentraciones promedio de hongos aerotransportados, tal como se muestra en la Figura 10.

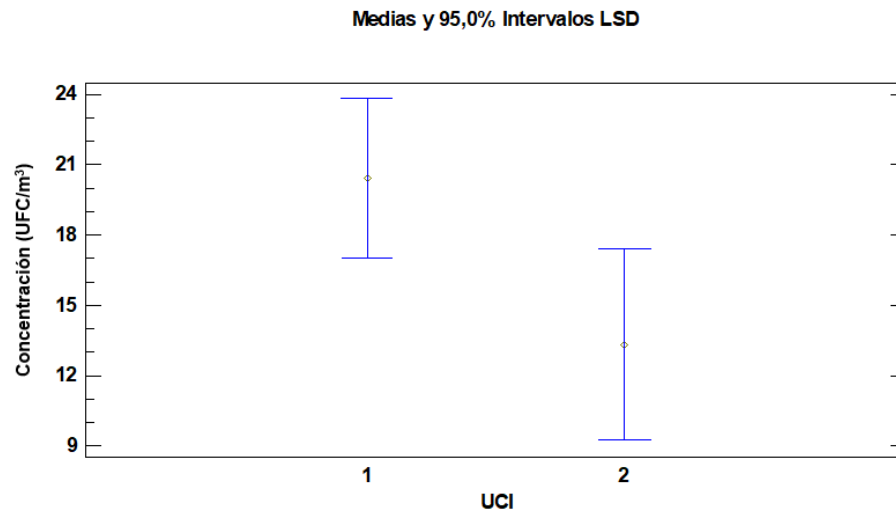


Figura 8 Gráfico de medias por concentración por UCIN

Las concentraciones registradas en el estudio de la UCINH1 se muestran en la tabla 6, donde se aprecia que la concentración más elevada fue de 299 UFC/m³ presente en la etapa 4, jornada antes del monitoreo 2. La concentración más baja se puede observar en la etapa 1 de los monitoreos 4 y 5 en la jornada después, donde no hubo crecimiento fúngico sobre los medios de cultivo.

Los resultados obtenidos en las dos (2) unidades de cuidados intensivos neonatal demuestran que la UCINH2 presentó mayor carga total de aerosoles fúngicos (664 UFC) con respecto a la UCINH1 (379 UFC). No obstante, la UCINH1 presentó una concentración promedio de 46 UFC/m³, mayor que en la UCINH2 la cual presentó 33 UFC/m³. Es importante mencionar que en la UCINH2 el área de atención de los pacientes es superior a UCINH1, sin embargo, esta última registró las concentraciones más altas.

Tabla 6

Concentraciones obtenidas en UCINH1

	Monitoreo	Punto de muestreo		Jornada	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Etapa 6
Concentración de bioaerosoles fúngicos en UCINH1 (UFC/m³)	Monitoreo 1	Punto 1	Antes	23,56	10,60	14,13	54,18	10,60	28,27	
			Después	25,91	45,94	28,27	68,32	21,20	42,40	
	Monitoreo 2	Punto 1	Antes	40,05	51,83	219,08	299,18	42,40	16,49	
			Después	7,07	21,20	17,67	96,58	61,25	7,07	
	Monitoreo 3	Punto 1	Antes	16,49	24,73	58,89	129,56	113,07	7,07	
			Después	21,20	23,56	24,73	113,07	77,74	7,07	
	Monitoreo 4	Punto 1	Antes	109,54	14,13	11,78	49,47	30,62	35,34	
			Después	0,00	7,07	44,76	63,60	87,16	35,34	
	Monitoreo 5	Punto 1	Antes	7,07	7,07	21,20	47,11	21,20	63,60	
			Después	0,00	7,07	18,85	49,47	40,05	35,34	

Puntos de muestreo en UCINH2

De la segunda UCIN monitoreada se obtuvieron los datos que se muestran en la tabla 7, en la que se puede observar que en la etapa 1 y 2 no se registró crecimiento de unidades formadoras de colonias en 12 de sus datos. Por otro lado, las concentraciones más elevadas se presentan tanto en el punto 3, monitoreo 3, jornada después como en el punto 4, jornada después en el mismo monitoreo. Cabe destacar que estas dos concentraciones se presentaron en las etapas 5 y 6 respectivamente, lo que sugiere un peligro latente al ser el tamaño de partículas que puede ingresar a las partes más específicas del sistema respiratorio (bronquios terminales y alveolos).

Tabla 7

Concentraciones obtenidas en puntos de UCINH2

	Monitoreo	Puntos de muestreo	Jornada	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Etapa 6
Concentración de bioaerosoles fúngicos en UCIN2 (UFC/m³)	Monitoreo 1	Punto 1	Antes	0,0	0,0	14,1	28,3	70,7	14,1
			Después	0,0	7,1	14,1	21,2	35,3	7,1
		Punto 2	Antes	21,2	0,0	28,3	10,6	24,7	7,1
			Después	0,0	14,1	0,0	24,7	53,0	14,1
		Punto 3	Antes	0,0	14,1	10,6	28,3	45,9	21,2
			Después	14,1	21,2	28,3	0,0	67,1	21,2
		Punto 4	Antes	7,1	21,2	14,1	42,4	42,4	17,7
			Después	49,5	35,3	28,3	56,5	53,0	31,8
	Monitoreo 2	Punto 1	Antes	14,1	0,0	14,1	42,4	35,3	67,1
			Después	7,1	7,1	169,6	81,3	35,3	42,4
		Punto 2	Antes	10,6	0,0	21,2	24,7	63,6	42,4
			Después	28,3	0,0	14,1	14,1	14,1	28,3
		Punto 3	Antes	0,0	7,1	14,1	24,7	84,8	49,5
			Después	7,1	7,1	0,0	28,3	49,5	21,2
		Punto 4	Antes	7,1	7,1	45,9	31,8	60,1	35,3
			Después	10,6	7,1	7,1	7,1	45,9	14,1
	Monitoreo 3	Punto 1	Antes	10,6	7,1	7,1	7,1	17,7	31,8
			Después	24,7	7,1	21,2	45,9	159,0	24,7
		Punto 2	Antes	7,1	7,1	17,7	35,3	38,9	35,3
			Después	28,3	63,6	0,0	42,4	53,0	17,7
		Punto 3	Antes	24,7	0,0	74,2	28,3	38,9	392,2
			Después	0,0	21,2	17,7	21,2	24,7	28,3
		Punto 4	Antes	14,1	31,8	24,7	60,1	166,1	31,8
			Después	42,4	28,3	24,7	24,7	392,2	38,9

Los resultados obtenidos de la medición de bioaerosoles fúngicos en los cuatro (4) puntos establecidos en la UCINH2, sugieren que las mayores concentraciones promedio se dieron en el punto 4, el cual corresponde al área múltiple (43 UFC/m³), seguido por el cuarto mamá canguro (34 UFC/m³), pasillo principal (30 UFC/m³) y pasillo lateral (22 UFC/m³). En la figura 11 se muestran las concentraciones en cada uno de los puntos a través de los monitoreos realizados:

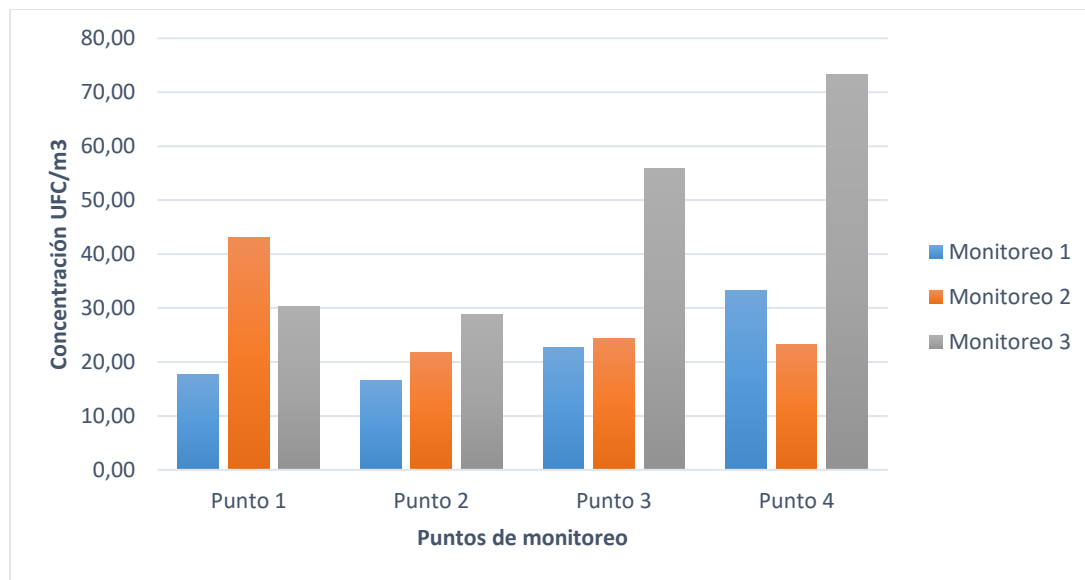


Figura 9 Concentración promedio en puntos de muestreo UCINH2

Relacionando los tamaños de las instalaciones con el número de pacientes que pueden atender de forma simultánea se obtiene que la UCINH1 posee por paciente un área de $4,12 \text{ m}^2$ (8 pacientes en 33 m^2) y la UCINH2 unos $9,39 \text{ m}^2$ (33 pacientes en 310 m^2). Esta diferencia de área de atención entre una y otra, sugiere un mayor distanciamiento entre cada paciente en la UCINH2, lo que contribuye a un mayor flujo de aire y así una disminución de las concentraciones. Esta atenuación de las concentraciones de agentes fúngicos patógenos puede favorecer a la mitigación de casos de IIH entre los atendidos.

Además del espacio mencionado, en la UCINH2 emplean paredes divisorias entre paciente-paciente, herramienta que funciona como barreras físicas permiten la adhesión de partículas en su superficie que posteriormente son removidas en los procedimientos de limpieza. Esto ayuda a la reducción de las cargas fúngicas de una cuna a otra (S. Acosta, 2011).

8.2 Identificación especies fúngicas.

Utilizando como guía las características descritas en los manuales de identificación Barnett (1987), Watanabe (2002) se lograron identificar cinco (5) especies de hongos en UCINH1 y seis (6) especies en UCINH2.

Relacionando las UFC pertenecientes a cada una de las especies con respecto al total de las UFC recolectadas se muestra la distribución porcentual en la tabla 7:

Tabla 7

Especies identificadas en las UCIN

UCINH1	UCINH2
<i>Aspergillus níger</i>	<i>Aspergillus níger</i>
<i>Aspergillus parasiticus</i>	<i>Aspergillus parasiticus</i>
<i>Curvularia lunata</i>	<i>Candida albicans</i>
<i>Penicillium lanosum</i>	<i>Curvularia lunata</i>
<i>Penicillium resticulosum</i>	<i>Penicillium lanosum</i>
-o-	<i>Penicillium resticulosum</i>

Fuente: autores

En la evaluación realizada en la UCINH1 fueron identificadas seis (6) especies fúngicas distribuidas en tres (3) géneros. Las distribuciones porcentuales de cada una de las especies son detalladas en la figura 8.

La presencia del género *Penicilum* es mayor con respecto a los otros géneros (54%), distribuidos a su vez en dos especies *Penicilum lanosum* (29%) y *Penicilum resticulosum* (25%). Fueron identificados en todos los monitoreos realizados, con presencia en jornada antes y después como también en cada una de las etapas de muestreador.

El segundo género que tuvo mayor presencia fue el *Aspergillus* con un (43%) en las muestras recolectadas, distribuidos en los taxones *Aspergillus niger* (39%) y *Aspergillus parasiticus* (4%). Además de las clasificaciones antes mencionadas, se reportó la presencia del genero *Curvularia* (*Curvularia lunata*) con un 3% de crecimiento entre las muestras tomadas.

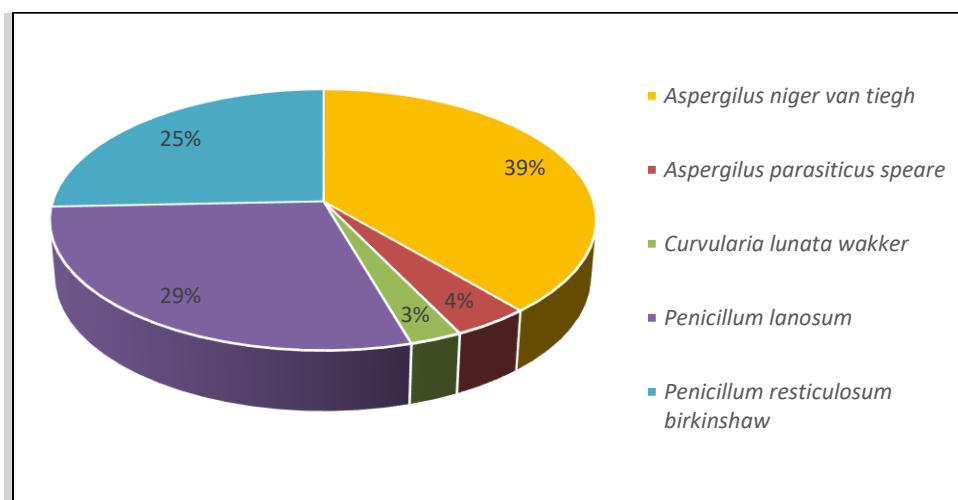


Figura 10 Representación porcentual de las especies identificadas en UCINH1

En el material biológico aerotransportado recolectado en la UCINH2 fueron identificados los géneros *Curvularia*, *Penicillium*, *Aspergillus* y *Candida*. En la Figura 9 se relacionan cada una de las especies recolectadas y su representatividad porcentual. Al igual que en la UCINH1, la UCINH2 presenta predominancia de los géneros *Penicillium* y *Aspergillus* con una representatividad en las muestras del 51% y 40% respectivamente.

Del género *Penicillium* fueron identificadas las especies *Penicillium lanosum* y *Penicillium resticulosum*, en menor proporción se estableció la presencia de *Candida berkhout* y *Curvularia lunata*.

Si bien la presencia de los géneros *Candida* y *Curvularia* representa una pequeña porción de los taxones encontrados, investigaciones como la de Chen (2020) muestran una

presencia similar de estos microorganismos (2-3%) en UCIs, e incluso llegando a presentar resistencia ante algunos antibióticos.

Los géneros identificados en el área de estudio no son atípicos o fuera de lo común, ya que de igual manera en investigaciones como Izzedim (2011) y Martínez (2019) reportaron la presencia de géneros *Penicillium*, *Aspergillus*, *Curvularia* y *Candida* en centros de salud.

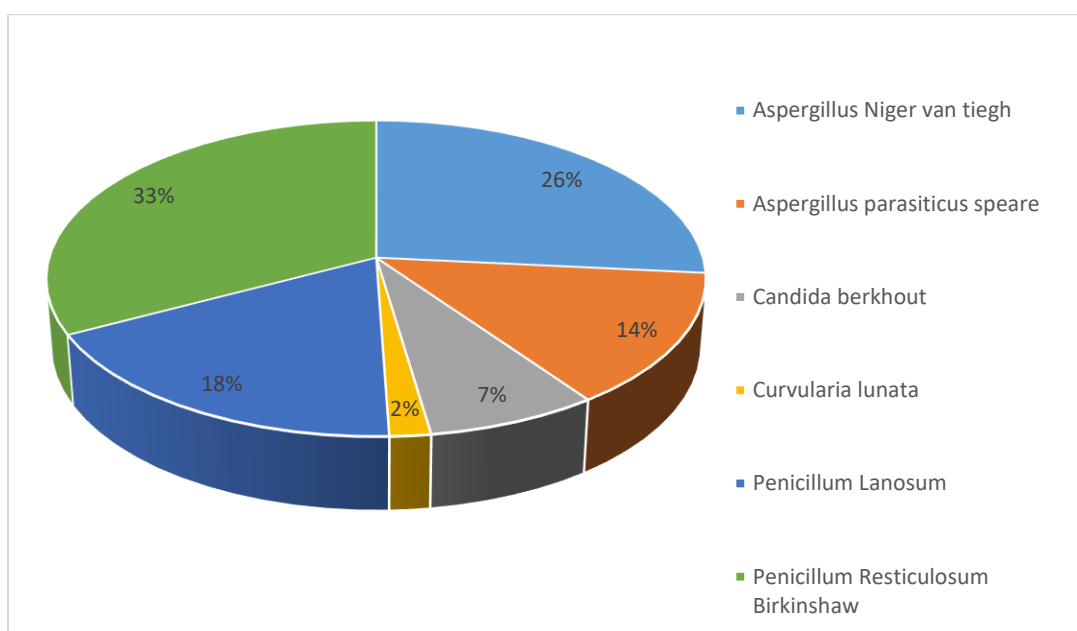


Figura 11 Representación porcentual de las especies identificadas en UCINH2

Aspergillus parasiticus, *Aspergillus niger* y *Candida albicans* son considerados por la OMS como “Agentes del grupo de riesgo II: Moderado riesgo individual y riesgo comunitario limitado (Requieren nivel de contención 2). La sobreexposición a estas especies conduce desde infecciones leves hasta enfermedades serias (OMS, 2005).

Las micosis oportunistas como las *Aspergilosis* (Causadas por miembros del género *Aspegillus* como *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. niger*; entre otras) generalmente afectan al aparato respiratorio, generando reacciones alérgicas con síntomas como fiebre, hemoptisis, falta de aire,

dolor en el pecho, síntomas en los ojos, lesiones en la piel y en los casos más desfavorables pueden llegar a darse una *Aspergilosis* invasiva. Esta se genera cuando la infección trasciende a los vasos sanguíneos desde el área pulmonar llegando a ser mortal (Fernández et al., 2014).

De igual manera, especies de *Penicillium* (*P. lanosum* y *P. resticulosum*) por inhalación de las esporas y de los compuestos orgánicos volátiles de origen microbianos generan reacciones de sensibilización y alergia. Se relacionan con infecciones complejas como neumonías, queratitis, otomicosis y endocarditis (INSHT, 2016).

La especie *C. lunata* se vincula con frecuencia a infecciones gracias a que es considerado un microorganismo saprofito capaz de implantarse en piel sana. De acuerdo al grado y lugar de infecciones está puede derivar en queratitis, abscesos cerebrales o infecciones sistémicas (Madrid, Cárcamo, & Tapia, 2019).

Por su parte las *Candidiasis* (*C. albicans*) constituyen una de las principales causas de morbilidad en neonatos de bajo peso, manifestándose a través de presencia de *Cándida* en sangre o en líquidos cefalorraquídeo; antecediendo a la candidiasis invasiva (San-Miguel et al., 2019)

A pesar de que el sistema inmune puede eliminar la mayoría estas partículas viables, las altas concentraciones pueden desestabilizar el control sobre estos microorganismos ejercido por el sistema generando infecciones en numerosas partes del cuerpo humano (Galíndez et al., 2017)

Considerando que se ven potenciados o disminuidos por las condiciones ambientales y por los factores de predisposición de los pacientes se les considera a los anteriores hongos, patógenos oportunistas. Las micosis causadas por estos pueden ser graves en pacientes inmunocomprometidos o estado crítico.

8.3 Concentracion por jornada

Para conocer el efecto que aplican los procedimientos de limpieza sobre las partículas biológicas suspendidas en el lugar de estudio fue necesario el monitoreo en jornadas, antes y después a los procedimientos diarios de limpieza y aseo. El comportamiento encontrado en las partículas recolectadas para las UCINH1 y UCINH2, se muestran en la figura 13 y figura 14, respectivamente.

Se puede apreciar en la figura 13 que en la UCINH1 las etapas con las partículas de mayor tamaño evidencian una leve disminución, las concentraciones posteriores a los procedimientos de limpieza presentan un decrecimiento de los bioaerosoles recolectados en la etapa 1, sin embargo, esta tendencia es cada vez menor conforme se avanza hacia las etapas de menor diámetro aerodinámico. Investigaciones expresan que la aplicación y seguimiento de estrictos protocolos y procedimientos de aseo inducen a una mejora en la calidad de aire interno, además de un adecuado sistema de ventilación (Khan et al.,2015;Estañ-capell et al. 2019).

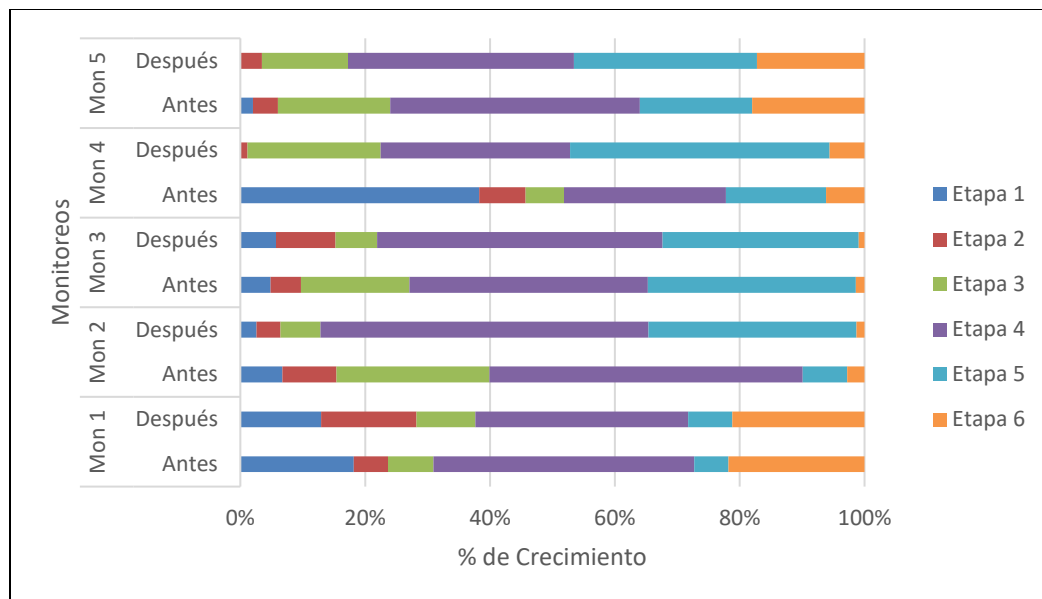


Figura 8 Variación de tamaño de partículas en UCINH1 según jornada. Fuente: Autores.

Por otro lado, la figura 14 muestra un comportamiento contrario a lo expresado anteriormente, en la que luego de los procedimientos de limpieza las concentraciones aumentan. De igual manera, la distribución de las partículas recolectadas no presenta disminución en alguna de las etapas.

Esto indica que en la UCINH2 que posiblemente los procedimientos de limpieza no representan una medida eficaz en la reducción o control de los microorganismos aerotransportados o se vean afectados por algún factor externo, lo que posiblemente genera un ambiente propicio para la proliferación de hongos.

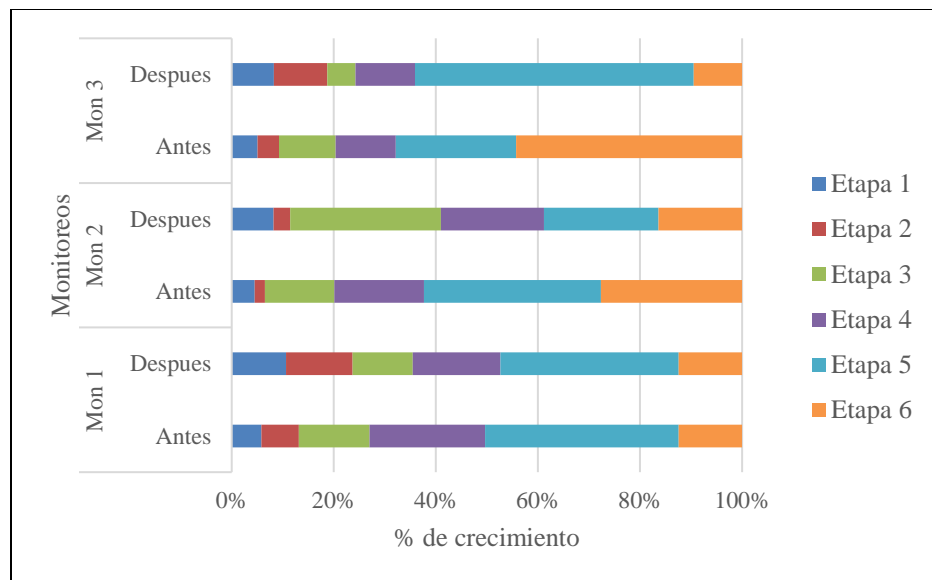


Figura 9 Variación de tamaño de partículas en UCINH2 según jornada. Fuente: Autores.

Esto puede estar relacionado con una gestión inadecuada frente a las complicaciones generadas a partir de bioaerosoles que acarrearán en un aumento de las enfermedades nosocomiales.

En la actualidad a pesar de existir procedimiento y estándares para el control y vigilancia de enfermedades nosocomiales relacionadas con bioaerosoles, muchas instituciones de salud no los emplean y en algunos casos se desconocen (MinSalud, 2018; Zhang et al., 2018; Lax & Gilbert, 2015).

8.4 Análisis por etapa

Se tuvo en cuenta el tamaño de partículas típico circundante en las UCIN, por lo que se analizó el crecimiento de propagulos fungicos diferenciado por cada una de las etapas del impactador, en la figura 12 se muestra cuales de las etapas presentaron mayor presencia de hongos.

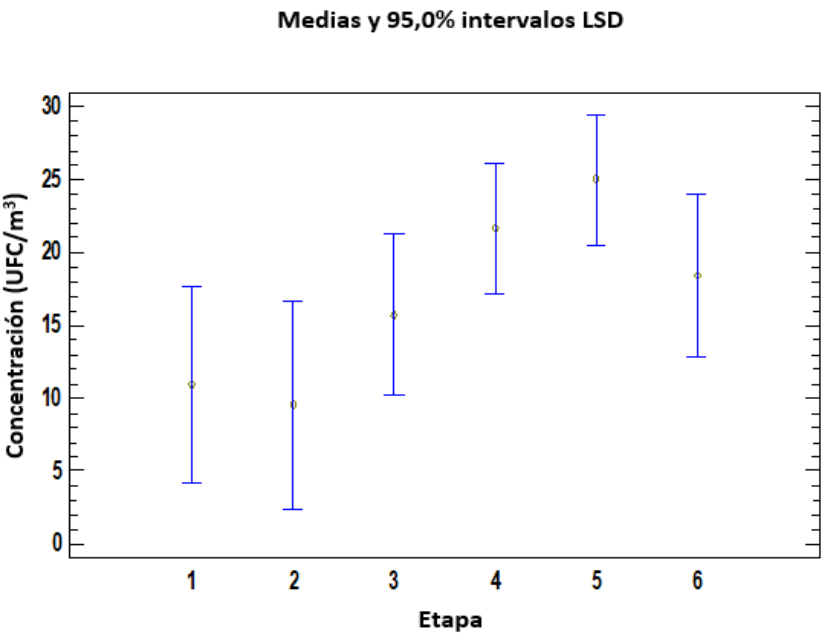


Figura 10 Grafico de medias por concentración por etapas

Con esto se estableció que la presencia de esporas fúngicas fue mayor en las etapas 5,4 y 6 respectivamente, lo que representa los tamaños de partículas más pequeños.

En la tabla 8, se muestra la forma en que se encontraron distribuidas las partículas recolectadas según su tamaño, por lo que se puede afirmar que en las dos UCIN se presentó un comportamiento similar en el tamaño de las partículas.

En ambas instituciones se reportaron distribuciones similares en la que su mayoría fueron partículas finas (69%) y en menor proporción partículas gruesas (31%).

Tabla 8
Relación porcentual entre tamaño de partículas

Etapas del impactador	Tamaño de partícula	Relación con el sistema respiratorio	UCINH1 UCINH2	

1-3	partículas gruesas	Cavidad nasal faringe	35%	27%
		bronquios primarios		
4-6	partículas finas	Bronquios secundarios	65%	73%
		Bronquios terminales		
		Alveolos		

Lo anterior, concuerda con otras investigaciones como Morgado (2018) y Sadyś (2016) en las que el mayor número de partículas acumuladas se encontró en diámetros aerodinámicos inferiores a $2,1\mu\text{m}$.

Por consiguiente, se podría considerar perjudicial la presencia de bioaerosoles fúngicos tanto para los recién nacidos como para los trabajadores que permanecen dentro de las instalaciones, debido a que logran albergarse en los espacios más específicos del sistema respiratorios (faringe, bronquios y alveolos), generando infecciones y diferentes complicaciones respiratorias (Mousavi & Grosskopf, 2015).

8.5 Análisis estadístico

Utilizando un modelo de regresión lineal empleado para la correlación de variables a fines con la concentración de los bioaerosoles, se establecieron como relevantes las variables que luego del ANOVA presentaron una significancia, en otras palabras, un valor $-p$ menor de 0,05.

Posterior a determinar la varianza (*Tabla 9*) y conocer si las variables presentaron relevancia, se determinó que por lo menos 1 de las variables presentaba influencia (valor $-p$ 0,0302).

Tabla 9

Análisis de varianza para concentración

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	54588,57	8	3032,699	1,73	0,0302
Residuo	1340126,	64	1754,092		
Total (Corr.)	1394715,	82			

Fuente: Autores.

Seguidamente, fueron depuradas cada una de ellas, iniciando por las de mayor valor $-p$, como se muestra en la tabla 10.

Las variables que no presentaron una correlación estadísticamente significativa fueron: jornada, clasificación, temperatura y humedad con valores $-p$ que superaban los 0,05.

Tabla 10 Suma de cuadrados para todas las variables

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón- F</i>	<i>Valor-P</i>
Monitoreo	19358,64	4	4839,659	2,76	0,0269
Jornada	887,2521	1	887,2521	0,51	0,4770
UCI	9896,519	1	9896,519	5,64	0,0175
Etapas	19018,7	5	3803,74	2,17	0,0558
Clasificación	14430,1	5	2886,02	1,65	0,1456
Temperatura	1152,436	1	1152,436	0,66	0,4176
Humedad	1295,287	1	1295,287	0,74	0,3902
Residuo	1340126,	64	1754,092		

Total 1394715, 82

(corregido)

Fuente: Autores.

La humedad y la temperatura son parámetros que condicionan la proliferación de microorganismos dentro de las UCINs, no obstante, el modelo de regresión lineal determinó que la temperatura y humedad no presenta influencia sobre la concentración de bioaerosoles en las UCIs. Los valores correspondientes para temperatura y humedad se encuentran en las tablas 11 y 12

Tabla 11 Registro de temperatura y humedad

UCI	Monitoreo	Punto de monitoreo	Jornada	Humedad relativa %	Temperatura °C
UCINH1	Monitoreo 1	Punto 1	Antes	67,3	22,5
			Después	68,1	23,1
	Monitoreo 2		Antes	68,2	23,6
			Después	68,2	24,1
	Monitoreo 3		Antes	68,5	23,6
			Después	69,1	22,4
	Monitoreo 4		Antes	68,2	22,8
			Después	67,3	23,2
	Monitoreo 5		Antes	67,4	24,5
			Después	68,1	22,3
			Promedio	68,04	23,21
			Máximo	69,1	24,5
			Mínimo	67,3	22,3
			Desv. est.	0,56	0,74

Fuente: Autores

En esta investigación la temperatura se mantuvo un rango entre 22,9- 23,2°C y la humedad en un rango entre 68 y 69%, valores que no presentaron variación significativa a través de los monitoreos.

Tabla 12 registro de temperatura y humedad UCINH2

UCI	Monitoreo	Punto de monitoreo	Jornada	Humedad relativa %	Temperatura °C
-----	-----------	--------------------	---------	--------------------	----------------

UCINH2	Monitoreo 1	Punto 1	Antes	68,3	22,2
			Después	68,2	22,5
		Punto 2	Antes	68,4	21,3
			Después	68,4	21,4
		Punto 3	Antes	70,1	22,1
			Después	70,1	22,6
		Punto 4	Antes	70,4	24,3
			Después	70,2	23,7
	Monitoreo 2	Punto 1	Antes	69,4	23,4
			Después	69,6	22,4
		Punto 2	Antes	68,2	22,4
			Después	68,2	24,5
		Punto 3	Antes	66,9	24,2
			Después	67,5	24,3
		Punto 4	Antes	67,5	22,2
			Después	67,5	22,1
	Monitoreo 3	Punto 1	Antes	68,1	22,5
			Después	68,3	22,5
		Punto 2	Antes	68,4	22,6
			Después	68,1	22,5
		Punto 3	Antes	68,1	24,7
			Después	68,2	25,1
		Punto 4	Antes	68,4	22,8
			Después	69,1	23,4
		Promedio		68,57	22,98
		Máximo		70,4	25,1
		Mínimo		66,9	21,3
		Desv.est.		0,94	1,05

Fuente: Autores.

Por lo anterior, no fue posible evidenciar la influencia de estos parámetros en el desarrollo y proliferación de la microbiota del lugar, pero esta información se relaciona con los rangos de crecimiento óptimos para el reconocimiento de las especies encontradas.

Solo las variables Monitoreo, UCI y Etapa fueron estadísticamente significativas tal lo muestra la tabla 13:

Tabla 13

Análisis de varianza entre UCI, monitoreo y etapa

<i>Fuente</i>	<i>Suma de</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-</i>
	<i>Cuadrados</i>		<i>Medio</i>		<i>P</i>
Modelo	38407,7	0	3840,77	2,19	0,0169
Residuo	1356307,	72	1756,875		
Total	1394715,	82			
(Corr.)					

Fuente: Autores.

No obstante, las variables que presentaron una correlación estadística con la concentración (UCI, Monitoreo y Etapa) solo representan el 2,75% de la variabilidad de la variable dependiente (tabla 14).

Tabla 14

Suma de cuadrados UCI, Monitoreo y etapa

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
			<i>Medio</i>		
Monitoreo	17971,69	4	4492,923	2,56	0,0376
UCI	7065,485	1	7065,485	4,02	0,0449
Etapa	21135,51	5	4227,103	2,41	0,0353
Residuo	1356307,	772	1756,875		
Total	1394715,	782			
(corregido)					

Fuente: Autores.

Lo anterior revela que la relación existente entre las variables analizadas no es suficiente para proyectar un modelo de pronóstico de comportamiento de los bioaerosoles en las UCINs, indicando que posiblemente el crecimiento de los hongos en el área de estudio se ve influenciado con algunas variables adicionales como microclimas, exposición a radiación o actividades microbianas específicas (Lax & Gilbert, 2015).

9. Conclusiones

- El trabajo de investigación realizado permitió evaluar las concentraciones e identificación de los taxones presentes en dos unidades de cuidado intensivo neonatal en la ciudad de Barranquilla, como también establecer la relación existente entre las concentraciones y los procedimientos de limpieza.
- Se estableció que la UCINH1 fue la que presentó mayores concentraciones promedio de bioaerosoles fúngicos en comparación con la UCINH2, con concentraciones de 46 UFC/m³ y 33 UFC/m³ respectivamente.
- El análisis estadístico determinó una correlación significativa 2,75% correspondiente a los parámetros Etapas, UCI y Monitoreo y excluyendo otros como Temperatura, Humedad y Jornada. Los procedimientos de limpieza no reflejaron influencia o relacion sobre las concentraciones de bioaerosoles fúngicos.
- Debido a la escasa relevancia de los parámetros establecidos sobre la concentración, no es posible establecer una predicción en el comportamiento de los hongos en las áreas evaluadas.
- En tanto a la variedad de la microbiota propia de las instalaciones estudiadas fueron identificados los siguientes taxones: *Aspergillus niger*, *Aspergillus parasiticus*, *Candida berkhout*, *Curvularia lunata*, *Penicillium lanosum* y *Penicillium resticulosu*.
- Fueron *Aspergillus* y *Penicillium* los taxones con mayor presencia, siendo casi la mitad del total de los organismos recolectados. En la literatura se relaciona la

presencia de estos microorganismos con afecciones respiratorias en las unidades de cuidados intensivos, que pueden ir desde leves infecciones en el trasto respiratorio superior hasta neumonías, murcomicosis y también aumentar las tasas de mortalidad.

- La colonización y multiplicación de las colonias fúngicas no se vio influenciada por factores ambientales (humedad y temperatura) en el área de estudio, de manera que, a pesar de la estabilidad de estos factores en las UCIN las concentraciones de bioaerosoles fúngicos fueron elevados.
- En el análisis realizado en la retención de partículas según etapas del impactador se estableció que en las etapas 5,4 y 6 respectivamente, hubo una mayor presencia (69%). El diámetro aerodinámico de las partículas recolectadas en estas etapas se encuentra entre los 2,1 y 0,65 μm , condición que les permite ingresa e instalarse en la faringe, bronquios y los alveolos pulmonares, generando así complicaciones respiratorias.
- El objetivo de esta investigación genera una línea de partida para esfuerzos investigativos futuros en temas relacionados con la presencia y comportamiento de los bioaerosoles fúngicos en unidades de cuidados intensivos neonatales en la ciudad de Barranquilla, aportando un grupo de hongos encontrados y su respectiva concentración en el área.
- Además, recalca la importancia en la correcta aplicación de los procedimientos de limpieza y desinfección aplicados y su influencia directa con las concentraciones de bioaerosoles fúngicos.

9.2 Recomendaciones

Los datos e información aquí generada son un inicio en la elaboración de estrategias dirigidas hacia el análisis integral y mejoramiento de la calidad de aire en interiores, que posteriormente podrán ser gestionadas e implementadas por instituciones públicas, privadas o gubernamentales.

Conforme a lo analizado en esta investigación es recomendable realizar este tipo de estudios en diferentes instituciones de salud que permitan describir de forma precisa las condiciones aerobiológicas en estos ambientes interiores.

Además de comparar las condiciones entre las instituciones es importante generar información acerca de distintas áreas de atención como quirófanos, UCI pediátrica o UCI adultos.

Se debe aumentar el número de puntos de monitoreo para obtener un mayor número de datos a analizar y generar un modelo estadístico de predicción de dispersión y crecimiento.

Deben tenerse en cuenta aspectos como la presencia de ventanas, número de salidas de aire, protocolos de bioseguridad para el ingreso a las instalaciones y condiciones ambientales externas para establecer su relación con las concentraciones interiores.

Si bien las condiciones dentro de las instalaciones como UCIN no poseen la atención o rigurosidad necesaria para el manejo de contaminantes biológicos debido a que la normatividad colombiana no estipula ni establece los niveles aceptables dentro de dichas instalaciones, es recomendable la aplicación de estándares a los procedimientos internos relacionados con la calidad de aire interior, medidas preventivas y sistemas de ventilación para abordar de manera integral la contaminación biológica.

En tanto a prevención, las NTP españolas han sido de ayuda a nivel mundial, entre estas normas se encuentran NTP 636, NTP 700 y NTP 772, relacionadas a la prevención frente a trabajos con agentes biológicos. La ISO 14644 especifica la estandarización de salas blancas en sus partes, abarcando temas como la clasificación según calidad de aire, contaminación molecular del aire, clasificación de limpieza de superficie.

Se ha demostrado la influencia de programas de seguimiento como los “mamá canguro” en la comprensión de las condiciones microbiológicas internas ya que permiten una recopilación de datos más específicos y así una mejor gestión en las medidas implementadas para la reducción de infecciones nosocomiales en los neonatos; es por esto que se recomienda su aplicación.

Por último, debido a que la calidad de aire interior de las UCIN analizadas se ven disminuida es recomendable que se apliquen programas de monitoreo y seguimiento de las infecciones intrahospitalarias en los recién nacidos y sus factores de riesgo, además de establecer la frecuencia en la realización monitoreos de calidad de aire interior.

10. Referencias

- Acosta, P., & Zambrano, I. (2019). *Evaluación del comportamiento de los bioaerosoles fúngicos en el área de influencia de la estación de calidad del aire ubicada en el parque tres ave maria de Barranquilla, Atlántico*. Universidad de la Costa.
- Acosta, S. (2011). *Manual de control de infecciones y epidemiología hospitalaria*. Washington.
- Agudelo, D., Paoli, F., Morgado, W., Mendoza, M., Parody, A., Maturana, A., & Teixeira, E. (2020). Assessment of the NO₂ distribution and relationship with traffic load in the Caribbean coastal city. *Science of the Total Environment*, 720(0048–9697).
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137675>
- Aguirre Guataqui, K. (2016). *Estudio de la aerobiología de hongos filamentosos en un hospital de cuarto nivel en Bogotá Colombia*. Pontifica Universidad Javeriana.
- Alvarado, P., & Rozo, L. (2019). Determinación de la presencia de bioaerosoles y su riesgo asociado a la salud en el área de urgencias de un hospital de II nivel en la localidad de Engativá , Bogotá. *Environmental Engineering Commons*.
- Asamblea Mundial de Salud. (2002). *Calidad de la atención: seguridad del paciente*.
- Beam, E., Gibbs, S., Hewlett, A., Iwen, P., Nuss, S., & Smith, P. (2015). Clinical Challenges in Isolation Care. *American Jurnal of Nursing*, 115(4).
- Bielawska, A., Cieřlik, P., Bohacz, J., Kornięłowicz, T., Żakowska, D., & Bartoszcze, M. (2018). Microbiological analysis of bioaerosols collected from Hospital Emergency Departments and ambulances. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 25(2), 274–279.
<https://doi.org/10.26444/aaem/80711>
- Binish, A., Taaha, M., & Edemekong, P. (2020). Airborne Precautions. Retrieved from StatPerarls

website: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK531468/>

Blais-lecours, P., Perrott, P., & Duchaine, C. (2015). *Non-culturable bioaerosols in indoor settings : Impact on health and molecular approaches for detection*. 110.

Campos, S., Sasbón, J., & Dessauer, B. (2012). *Los cuidados intensivos pediátricos en Latinoamérica*. 36(1). <https://doi.org/10.1016/j.medin.2011.07.004>

Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. (2019). Sobre enfermedades fungicas.

Retrieved from Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades website:

<https://www.cdc.gov/fungal/about-fungal-diseases.html>

Cervantes, J., Orihuela, R., & Rutiaga, J. (2017). Acerca del desarrollo y control de microorganismos en la fabricación de papel. *Conciencia Tecnológica*, (54), 54–58.

Retrieved from file:///D:/Downloads/Dialnet-

AcercaDelDesarrolloYControlDeMicroorganismosEnLaFa-6405830.pdf

Chen, Y., He, Y., Zhang, W., Huang, Y., Fu, J., Fu, F., & Zhou, Y. (2020). Pathogenic characteristics of nosocomial infections in patients with cerebrovascular diseases and characteristics and treatment of pathogenic bacteria in different seasons. *Journal of Infection and Public Health*, 13(5), 800–805. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2019.11.010>

Cho, S., Myong, J., Kim, W., Park, C., Lee, S. J., Lee, S. H., & Lee, D. (2018). Profiles of Environmental Mold : Indoor and Outdoor Air Sampling in a Hematology Hospital in Seoul , South Korea. *Environmental Research and Public Health*, 15(2560).

<https://doi.org/10.3390/ijerph15112560>

Demirel, R., Sen, B., Kadaifciler, D., Yoltas, A., & Okten, S. (2017). Indoor airborne fungal pollution in newborn units in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(362). <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6051-y>

- Díaz, R., & Rodríguez, C. (2016). Cultivo y crecimiento de los microorganismos. In *Microbiología y parasitología médicas* (pp. 2014–2016).
- Environmental protection agency of USA. (2019). Calidad de aire interior. Retrieved from environmental protection agency of USA website: <https://espanol.epa.gov/cai/acerca-del-moho>
- Escalante-Tresierra, G. (2014). *Viabilidad de bioaerosoles del desierto de atacama en aguas de lagos patagónicos*. Universidad de Concepción.
- Estañ-capell, J., Alarcón-torres, B., Bermúdez, J. D., Martínez-rodríguez, L., & Martínez-costa, C. (2019). Effect of a surveillance system for decreasing neonatal nosocomial infections. *Early Human Development*, 131(February), 36–40.
<https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2019.02.006>
- Fern, S., Dik, P. B., Mariani, G., & Fusti, C. (2011). *Infecciones nosocomiales en una Unidad de Cuidados Neonatales : programa de vigilancia epidemiológica*. 109(5), 398–405.
<https://doi.org/10.5546/aap.2011.398>
- Fernández, M., Cattana, M., Rojas, F., Sosa, M., Aguirre, C., Vergara, M., & Giusiano, G. (2014). Especies de *Aspergillus* en ambientes hospitalarios con pacientes pediátricos en estado crítico. *Rev Iberoam Micol*, 31(3), 176–181.
- Galíndez, A., Carrera, S., Díaz, A., & Martínez, M. (2017). Factores predisponentes para ictericia neonatal en los pacientes egresados de la uci neonatal , Hospital Infantil los Ángeles de Pasto. *Universidad y Salud*, 19(3), 352. <https://doi.org/10.22267/rus.171903.97>
- Gallego, E., Morillas, H., Maguregui, M., Patiño, K., Marcaida, I., Morgado, W., ... Manuel, J. (2020). A comprehensive study of biofilms growing on the built heritage of a Caribbean industrial city in correlation with construction materials. *International Biodeterioration and*

- Biodegradation*, 147(December 2019), 104874. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2019.104874>
- García, H., Martínez, Á., & Peregrino, L. (2014). Epidemiología de las infecciones nosocomiales en una unidad de cuidados intensivos neonatales. *Medicgrafic*, (55). Retrieved from <https://www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2014/ims142f.pdf>
- Gimaraes, S., Gustavo, W., Pinto, M., Johann, S., Rosa, C., Moraes, M., ... Alves, L. (2019). *Biocatalysis and agricultural biotechnology pharmacological prospection in-vitro of lamiaceae species against human pathogenic fungi associated to invasive infections*. 21(September). <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101345>
- Gizaw, Z., Gebrehiwot, M., & Yenew, C. (2016). High bacterial load of indoor air in hospital wards : the case of University of Gondar teaching hospital , Northwest Ethiopia. *Multidisciplinary Respiratory Medicine*, 11(24), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s40248-016-0061-4>
- González, N., Castañeda, J., Saltigeral, P., Rodríguez, M., López, C., Rosas, A., ... Hernández, H. (2011). Infecciones nosocomiales en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales del Instituto Nacional de Pediatría. *Acta Pediátrica de México*, 32(1), 28–32.
- Guaminga, M. (2015). *Determinación de los factores de riesgo que influyen en la incidencia de infecciones intrahospitalarias en la unidad de cuidados intensivos (UCI) del Hospital Pediátrico Baca Ortiz*. universidad central del ecuador.
- Hernández, A., & Martí, M. (1998). NTP 203 : Contaminantes biológicos : evaluación en ambientes laborales. *Centro Nacional de Condiciones de Trabajo*, 1–10. Retrieved from https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_203.pdf/02030742-35e2-442e-98dc-3e86f6aa7550
- INSHT. (1994). NTP 409 : Contaminantes biológicos : criterios de valoración. *Instituto Nacional*

de Seguridad e Higiene En El Trabajo, 1–6.

INSHT. (2001). NTP 608: Agentes biológicos: planificación de la medición. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene En El Trabajo*, 1–11.

INSHT. (2015). NTP 1064: Calidad del aire interior . Contaminantes biológicos (I): estrategia de muestreo. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene En El Trabajo*, (I), 1–6.

Instituto de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello de Madrid. (2018). La rinosinusitis y la contaminación atmosférica. Retrieved from <https://www.institutoorl-iom.com/blog/la-rinosinusitis-la-contaminacion-atmosferica/>

Instituto Nacional de Salud. (2019). INS:Ninguna muerte en Colombia está atribuida a C.auris. Retrieved from <https://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/“Ninguna-muerte-en-Colombia-está-atribuida-a-la-Cándida-Auris”.aspx>

Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. (2016). *Penicillium spp. Databio*.

IOM. (2019). Sinusitis: síntomas, causas y tratamientos. Retrieved from Instituto de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello de Madrid website: <https://www.institutoorl-iom.com/sinusitis-sintomas-causas-tratamientos/>

Ito, Y., Nagao, M., Iinuma, Y., Matsumura, Y., Yamamoto, M., Takakura, S., ... Mishima, M. (2016). Risk factors for nosocomial tuberculosis transmission among health care workers. *A J Infect Control*, 44(5), 11–13. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2015.11.022>

Jenkins, D. R. (2017). Nosocomial infections and infection control Key points. *Medicine*, 45(10), 629–633. <https://doi.org/10.1016/j.mpmed.2017.07.005>

Jiang, Z., Wang, S., Feng, D., Zhang, B., Mao, S., & Wu, J. (2019). Epidemiological risk factors for nosocomial bloodstream infections : A four-year retrospective study in China. *Journal of Critical Care*, 52, 92–96. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2019.04.019>

- Jo, W., & Seo, Y. (2005). Indoor and outdoor bioaerosol levels at recreation facilities , elementary schools , and homes. *Chemosphere*, 61, 1570–1579.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.04.103>
- Jordan, I., Esteban, E., Bustinza, A., De Carlos, J., García, P., Concha, J., ... Palomar, M. (2015). microorganisms in Spanish pediatric intensive care units. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, (xx). <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2015.07.010>
- Kallawicha, K., Chuang, Y., Lung, S. C., Han, B., Ting, Y., & Jasmine, H. (2016). Exposure to ambient bioaerosols is associated with allergic skin diseases in Greater Taipei residents. *Enviroment Pollution*, 216, 845–850.
- Khalid Ijaz, M., Zargar, B., Wright, K., Rubino, J. R., Sattar, S. A., & Bact, D. (2016). Generic aspects of the airborne spread of human pathogens indoors and emerging air decontamination technologies. *AJIC: American Journal of Infection Control*, 44(9), S109–S120. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2016.06.008>
- Khan, H. A., Ahmad, A., & Mehboob, R. (2015). Nosocomial infections and their control strategies. *APJTB*, 5(7), 509–514. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2015.05.001>
- Lax, S., & Gilbert, J. A. (2015). Hospital-associated microbiota and implications for nosocomial infections. *Trends in Molecular Medicine*, 21(7), 427–432.
<https://doi.org/10.1016/j.molmed.2015.03.005>
- Lee, J., & Jo, W.-K. (2006). Characteristics of indoor and outdoor bioaerosols at Korean high-rise apartment buildings. *Environmental Research*, 101, 11–17.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2005.08.009>
- MacIntyre, C., Chughtai, A., Rahman, B., & Peng, Y. (2017). The efficacy of medical masks and respirators against respiratory infection in health workers. *National Center for*

Biotechnology Information, 6, 0–3. <https://doi.org/10.1111/irv.12474>

Madrid, H., Cárcamo, C., & Tapia, C. (2019). *Curvularia spicifera*. *Retra Micro*, 36(5), 646–647.

Majumdar, S. S., & Padiglione, A. A. (2012). Nosocomial infections in the intensive care unit.

Anaesthesia and Intensive Care Medicine, 13(5), 204–208.

<https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2012.02.009>

Maki, T., Kurosaki, Y., Onishi, K., Lee, K., Pointing, S., Jugder, D., ... Hasegawa, H. (2017).

Variations in the structure of airborne bacterial communities in Tsogt-Ovoo of Gobi desert area during dust events. 249–260. <https://doi.org/10.1007/s11869-016-0430-3>

Maldonado, M., Peña, J. J., Villalobos, S., Castellanos, A., Camarena, D., & Arévalo, B. (2014).

Bioaerosoles y evaluación de la calidad del aire en dos centros hospitalarios ubicados en león, guanajuato, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(4), 351–363.

Martí, M. (1993). NTP 299 : Método para el recuento de bacterias y hongos en aire. *Centro*

Nacional de Condiciones de Trabajo, 3, 19–22.

Martínez, B. (2019). *Evaluación del bioaerosol fúngico presente en el aire interior de las clínicas de podología de la Comunidad de Madrid* (universidad complutense de madrid). Retrieved from <https://eprints.ucm.es/51798/1/T40983.pdf>

Martínez, E., Frías, M., Duarte, E., Calderón, M., Jiménez, M., Acosta, G., ... Reyes, M. (2016).

Fungal diversity and *Aspergillus* in hospital environments. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 23(2), 264–269. <https://doi.org/10.5604/12321966.1203888>

Mendoza, M., & López, A. (2017). *Estimación de la exposición laboral a los bioaerosoles y su riesgo en los trabajadores de un sistema de disposición final de residuos sólidos en el departamento del Atlántico*. Universidad de la Costa CUC.

- Ministerio de salud pública de Perú. (2007). *MANUAL DE PROCEDIMIENTOS Y SERIE DE NORMAS TÉCNICAS N.º 44*.
- Ministerio de salud y protección social. (2018). *programa de prevención, vigilancia y control de infecciones asociadas a la atención en salud-iaas y la resistencia antimicrobiana*. Bogotá.
- Ministerio de sanidad servicios sociales y igualdad. (2014). Unidades de neonatología: estándares y recomendaciones de calidad. *Ministerio de Sanidad Servicios Sociales y Igualdad*, 680(14), 147–2.
- MinSalud. (2018). Detectar, prevenir y reducir infecciones asociadas con la atención en salud.
- Mohammad, N., Izzah, N., & Alfatih, M. (2021). Fungus and mycotoxins studies in hospital environment : A scoping review. *Building and Environment*, 193(November 2020), 107626.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107626>
- Morgado, W. (2017). *Evaluación del comportamiento bioaerosoles fungí asociados a un relleno sanitario ubicado en el municipio de Tubara, Atlántico* (Universidad de Manizales).
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14401.45926>
- Morgado, W., Agudelo, D., Castillo, M., Mendoza, M., Posso, H., Parody, A., & Vilorio, A. (2018). Hospital admission and risk assessment associated to exposure of fungal bioaerosols at a municipal land fill using statistical models. *Springer Nature Suiza*, 1, 210–218.
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-03496-2>
- Morgado, W., Castillo, M., Parody, A., Vilorio, A., Henrique, M., López, A., & Kamatkar, S. (2018). *Concentrations and size distributions of fungal bioaerosols in a municipal landfill* (Vol. 6). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-93803-5>
- Morgado, W., Mendoza, M., Castillo, M., Medina, J., & De-la-hoz, S. (2019). Antibiotic Resistance of Airborne Viable Bacteria and Size Distribution in Neonatal Intensive Care Units.

International Journal of Environmental Research and Public Health. Retrieved from

<https://www.mdpi.com/1660-4601/16/18/3340>

Morgado, W., Mendoza, M., Castillo, M., & Posso, H. (2019). *Evaluación de la presencia de bioaerosoles en una unidad de cuidados intensivos neonatales*.

Moriceau, G., Gagnaire, J., Mariat, C., Lucht, F., & Berthelot, P. (2016). Preventing healthcare-associated infections : Residents and attending physicians need better training in advanced isolation precautions. *Medecine et Maladies Infectieuses*, 46(1), 14–19.

<https://doi.org/10.1016/j.medmal.2015.11.001>

Mousavi, E., & Grosskopf, K. (2015). Directional airflow and ventilation in hospitals : A case study of secondary airborne infection. *Energy Procedia*, 78, 1201–1206.

<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.184>

Muñoz, D., & Rodríguez, R. (2020). Identificación de hongos filamentosos en áreas internas del hospital universitario “antonio patricio de alcalá” Venezuela. *Revista Venezolana de Salud Pública*, 8, 48–65.

National Center for Environmental Health. (2018). los mohos (hongos). Retrieved from Centro para el control y prevencion de enfermedades website:

https://www.cdc.gov/mold/es/dampness_facts.htm

Ojeda, D. A. (2014). La inmunidad en el paciente crítico. Retrieved from EMEI website:

<https://epidemiologiamolecular.com/inmunidad-paciente-critico/>

Osman, M. ., Ibrahim, H. ., Yousef, F. ., Elnasr, A. ., Saeed, Y., & Hameed, A. (2017). A study on microbiological contamination on air quality in hospitals in Egypt. *Indoor and Built Environment*, 0(0), 1–16. <https://doi.org/10.1177/1420326X17698193>

Paredes, R. (2012). *Hongos anemófilos en la unidad de cuidados intensivos del hospital*

universitario Antonio patricio de alcala, Cumana, estado de Sucre. universidad de oriente.

- Pemán, J. (2013). Epidemiología y prevención de las infecciones nosocomiales causadas por especies de hongos filamentosos y levaduras &. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 31(5), 328–341. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2013.02.002>
- Public Health England. (2016). *Candida auris identificada en inglaterra*. Retrieved from <https://www.gov.uk/government/publications/candida-auris-emergence-in-england/candida-auris-identified-in-england>
- Public Health England. (2017). *Candida auris en el reino unido: publicación de orientación actualizada*. Retrieved from <https://www.gov.uk/government/publications/candida-auris-emergence-in-england/candida-auris-within-the-united-kingdom-updated-guidance-published>
- Ramos, R., & Meza, V. (2017). *Efectos de algunos factores meteorológicos sobre la concentración de esporas de hongos en la plaza san martín de lima*. 16(2), 7.
- Rodríguez, M. (2019). *Cuantificación y caracterización biológica de bacterias halotolerantes provenientes del aire de una zona costera del norte de colombia*. Universidad tecnologica de Bolivar.
- Saavedra, C., Ordóñez, K., & Diaz, J. (2015). Impacto de la infección nosocomial en un hospital de Bogotá, Colombia: efectos en mortalidad y costos. *Revista Chilena Infectol*, 32(1), 25–29.
- Sadyś, M., Kennedy, R., & West, J. (2016). Potential impact of climate change on fungal distributions: analysis of 2 years of contrasting weather in the UK. *Aerobiologia*, (March). <https://doi.org/10.1007/s10453-015-9402-6>
- San-Miguel, A., San-Miguel, M., Sánchez, A., Pastor, R., & Jesus, P. (2019). Importancia de las infecciones por Candida en neonatología. *Rev Lab Clin*, 12(1).

- Sanchez, K., & Almaguer, M. (2014). Aeromycology and human health. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 66(3), 322–337.
- Schlosser, O., Robert, S., & Debeaupuis, C. (2016). *Aspergillus fumigatus* and mesophilic moulds in air in the surrounding environment downwind of non-hazardous waste landfill sites. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*.
<https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.02.003>
- Secretaría Distrital de Salud de Bogotá. (2007). *Política de prevención, control y vigilancia epidemiológica de infecciones intrahospitalarias para Bogotá* (1 ed; O. cina A. de Comunicaciones, Ed.). Retrieved from <http://www.saludcapital.gov.co/Politicas> en Resolucin
- Sepahvand, A., Azimi, F., Hashemi, S., Rashidi, R., Safari, M., & Zeidali, S. (2017). GENERAL HOSPITALS INDOOR AIR QUALITY IN LORESTAN, IRAN. *Journal of Air Pollution Health*, 2(1), 51–56.
- Seto, W. (2018). Airborne transmission and precautions : facts and myths. *Hospital Infections*, (January). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jhin.2014.11.005>
- Sociedad Andaluza de Medicina Preventiva y Salud Pública. (2014). *Recomendaciones para la monitorización de la calidad microbiologica del aire en zonas hospitalarias de riesgo*. 1–35.
- Suárez, M. (2017). *Estudio de bioaerosoles fúngicos captados de filtros PM10 de tres estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire del Valle de Aburrá Estudio de bioaerosoles fúngicos captados de filtros PM10 de tres estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del*. Universidad Nacional de Colombia.
- Suleyman, G., & Alangaden, G. J. (2016). Nosocomial Fungal Infections Epidemiology , Infection

- Control , and Prevention Nosocomial Fungal infection Candida Aspergillus. *Infectious Disease Clinics of NA*, 30(4), 1023–1052. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2016.07.008>
- Velez, A. (2017). *Modelación espacio-temporal de polen y esporas de hongos aerovagantes de Catalunya*. Universidad autonoma de barcelona.
- Villarreal, E., Lozano, W., Ballesteros, S., Montenegro, N., & Fernández, C. (2014). Eventos adversos derivados del cuidado brindado en la unidad de cuidados intensivos adultos del hospital universidad del norte . *Salud Uninorte*, 30(3), 381–391.
- World Health Organization. (2020). Una atención limpia es una atención más segura. Retrieved from World Health Organization website: <https://www.who.int/gpsc/background/es/#>
- Yoo, K., Lee, T., Choi, E., Yang, J., Shukla, S., Hwang, S., & Park, J. (2016). Molecular approaches for the detection and monitoring of microbial communities in bioaerosols : A review. *The Research Center for Eco-Environmental Sciences*, 51.
- Zaragoza, R., Ramírez, P., & Jesús, M. (2014). Infección nosocomial en las unidades de cuidados intensivos. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 32(5), 320–327. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2014.02.006>
- Zhang, Y., Leung, N., Cowling, B., & Zi, Y. (2018). Role of viral bioaerosols in nosocomial infections and measures for prevention and control. *Journal of Aerosol Science*, 117(December 2017), 200–211. <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2017.11.011>
- Zúñiga, C., Rodríguez, C., & Espinosa, F. (2017). *Estudio de carga fúngica al interior del archivo nacional. evaluación del riesgo potencial en la conservación de colecciones y en la salud de trabajadores*. 85–102.

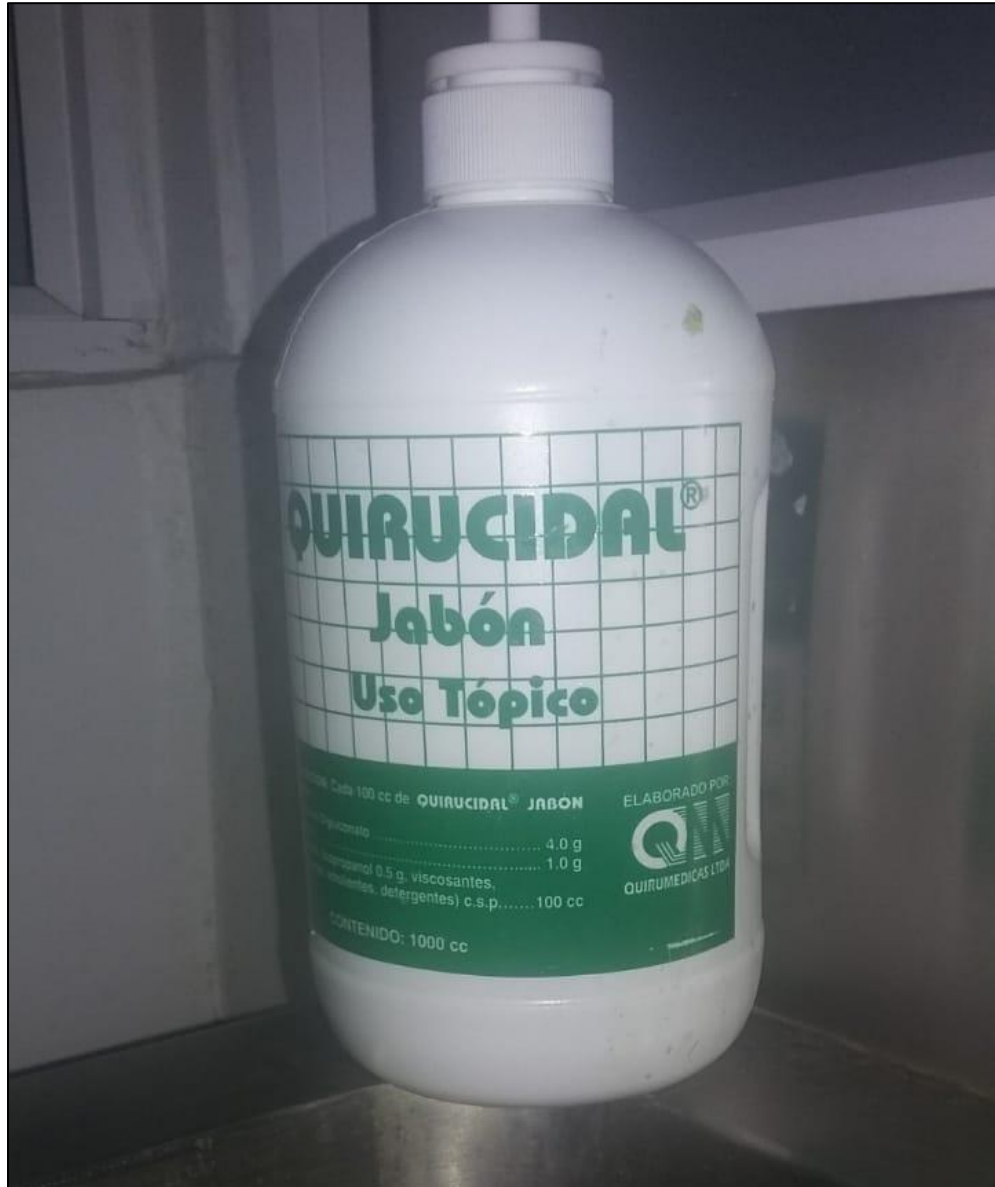
Anexos

Figura 11 Fotografía de producto para el lavado de manos en UCINI



Figura 12 Área de muestreo



Figura 13 Impactador y equipo de muestreo



Figura 14 Producto para el lavado de manos al ingreso

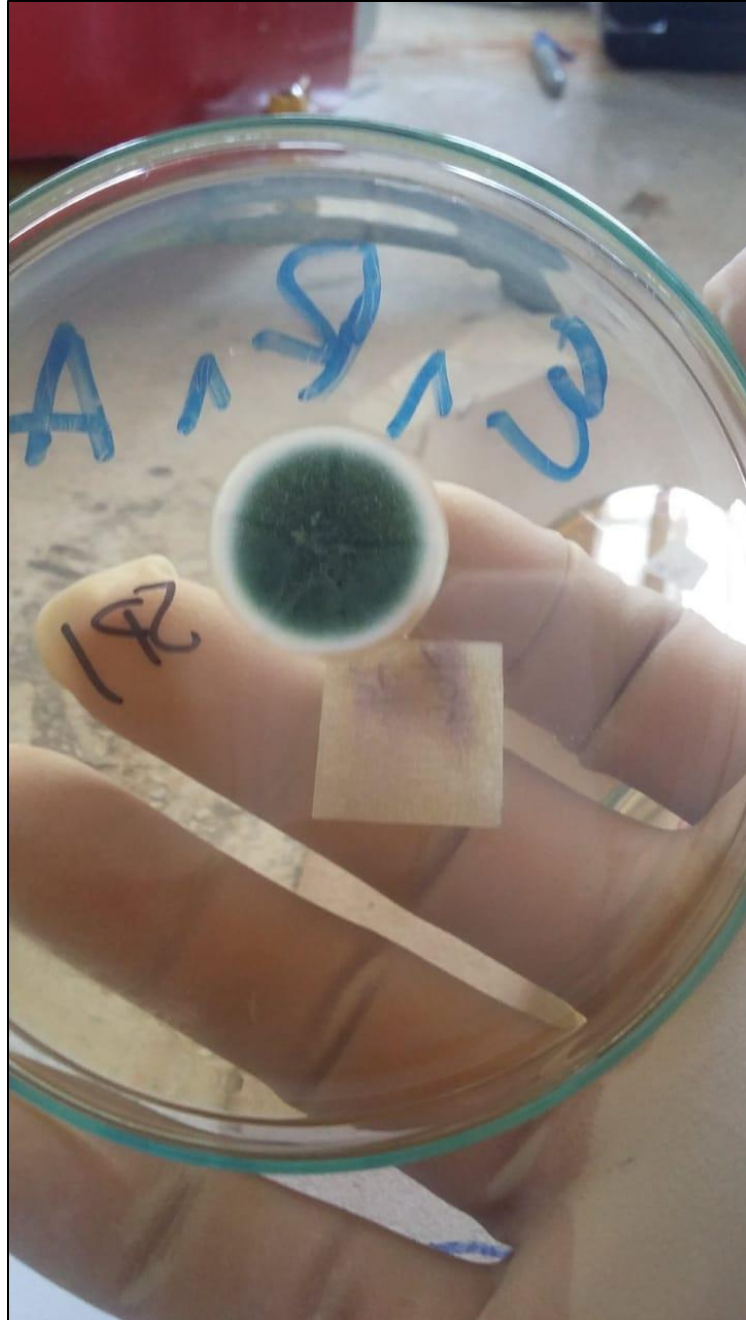


Figura 15 Caja petri rotulada con muestra aislada.

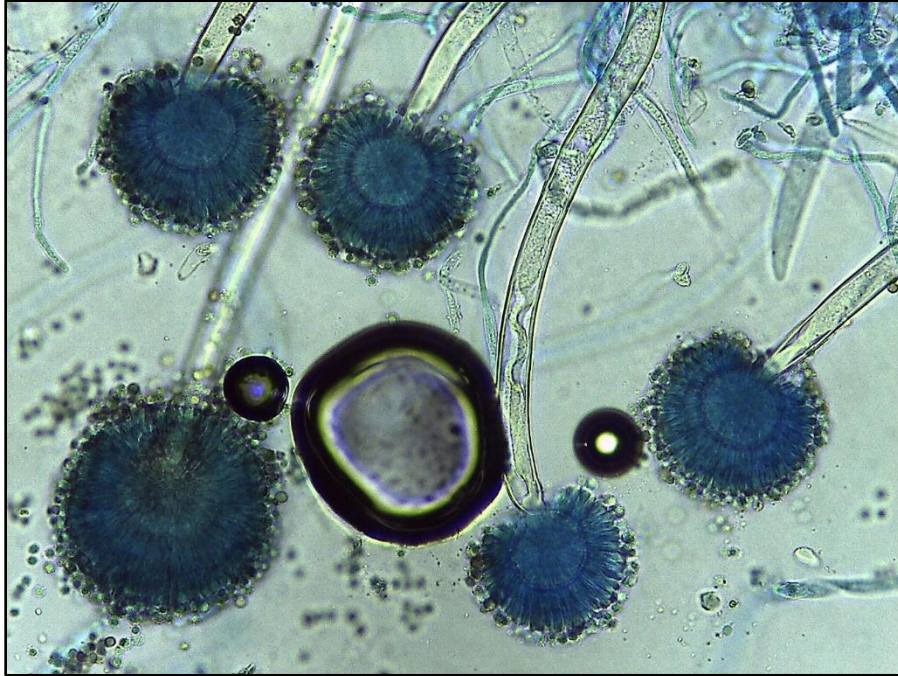


Figura 16 Imagen microscópica de Aspergillus Niger



Figura 17 Toma de muestras en UCIN



Figura 18 Anemómetro con dato de humedad relativa